U. D. C. 55 (05)

地質調査所月報

第 10 巻　第 8 號

技術研究所 受 34.11.30 付 図書

目　　次

報　文

安藤　厚，大森江い，山田貞子：岩石試料中のナトリウムおよび
　カリウムの炎光分析(G-1，W-1試料について)…… 1(659)
小野吉彦：垂直探査法の解析法の改良について……11(669)
尾崎次男，岸　和男：渡良瀬川流域工業用水源調査報告
　—関東西部地域調査　第10報—……19(677)
蔵田延男，高橋　稠：山口県山陽線沿線工業用水源予察調査報告……27(685)

概　報

淡路島南西部（西淡町）の和泉層群に不整合
　に覆われる石英斑岩類
徳島県宍喰鉱山調査報告
三重県名張地方チタン鉱床調査報告
徳島県星越鉱山調査報告
岩手県宮守・附馬牛・栗橋地区ペグマタイト
　鉱床調査報告
岡山県蒜山原における坑井の物理検層報告
徳島県長柱珪石鉱山調査報告
群馬県横川附近のベントナイト鉱床

資　料

玄武岩マグマの研究問題

カード記入済　　台帳記入済

工業技術院地質調査所

昭和 34 年 8 月

報　文

543.41 : 546.32/.33 : 552

技術研究所 受 34.11.30 付 図書

岩石試料中のナトリウムおよびカリウムの炎光分析
(G-1, W-1 試料について)*

安藤　厚**　大森江い**　山田貞子**

Flame Photometric Determination of Sodium and Potassium in Rock Samples (G-1, W-1)

by

Atsushi Andō, Ei Omori & Teiko Yamada

Abstract

In the flame photometric determination of alkali metals in refractory materials, the sample is first treated with Lawrence Smith's or Frezenius' decomposition method. Then alkali metals are determined flame photometrically, after separation from interference components, or without separation but with corrected background. Separation is the best method for the removal of interference components, but long and tedious technique is necessary, and often the separation errors are produced in this result. Other method is rather simple and expedient, but detailed knowledge of interference is necessary.

The alkali metal contents in rock samples are very important in petrology and geochemistry. In this experiment, materials are limited to silicates of igneous rock samples; the interference is measured when Frezenius' HF-mineral acid decomposition method is applied, without any chemical separatory procedure.

The interference studied; 1) Effects of main chemical components except alkali metals, mutual interference of alkali metals and acid effect 2) Combination effect 3) Compositional change effect in rock samples

Then the standard measurement condition was determined.

G-1, W-1, samples, the well-known standard rocks of U.S. Geological Survey, have been used in this experiment. By these samples, three methods of decomposition (HF-H_2SO_4, HF-HNO_3, HF-HCl) and the method of preventing interference are studied, then the results and the precision are discussed.

The influence of main chemical components is very low when rock sample is acidic, but it increased gradually when the sample becomes basic. In such case, the probable influence is prevented by the moderate dilution of the measurement solution. On the other hand, the mutual interference of alkali metals and effect of acid concentration appear significant, and must be corrected. Rock samples were decomposed satisfactorily by any method described above, and good results have been obtained, within 2.5% range in the relative deviation.

This method can be applicable for the analysis of alkali metals in silicate rock samples. Furthermore the procedure is simple and expedient.

Standard measurement condition; 0.1 g of rock sample is treated with HF-mineral acid in platinum crucible and heated until complete decomposition. Then the residue in the crucible is dissolved by acid and diluted accurately to 100 ml with distilled water. Of course this solution must have constant acid concentration, and this condition can be applicable when rock sample is acidic. Flame spectrum intensities are measured by the direct method. The mutual interference of alkali metals and the depression effect of acid are corrected with same background.

Equipment used in this experiment is Perkin-Elmer Model 146 Flame Photometer with Acetylene-Air.

要　旨

U. S. Geological Survey の標準岩石試料 G-1, W-1 使用して，岩石試料中のナトリウムおよびカリウムの定量について種々の検討を行なつた。

試料は弗酸および鉱酸にて分解後，定酸濃度，定容量の溶液とし，直接炎光輝度を測定する方式をとつた。この際共存する主成分諸元素の影響を詳しく調べ，それらの測定結果から定量条件を定めた。アルカリ金属元素の

* 昭和32年4月，日本化学会年会において発表

** 技術部

相互作用を除いて，他の主成分諸元素の影響は，溶液を適当に稀釈すれば測定にさしつかえのない程度に軽減できる。また主成分諸元素間に相互の共存量の変動に基づく顕著な相互組合せ効果は認められなかつた。

G-1, W-1 試料について，ナトリウムおよびカリウムを定量した結果，Relative deviation において 2.5 %の値を得た。測定は試料を分解後，適当に稀釈し，被検溶液とし，酸濃度ならびにアルカリ金属元素の相互作用に対する補償を行なつた。比較的簡単な操作で良い精度が得られた。

1. 序　言

ナトリウムおよびカリウムの化学分析は，従来主として化学的方法により行なわれてきた。いくつかの方法が用いられているが，そのうち塩化白金塩による重量法が広く標準的方法として採用されている。この方法は，試料をローレンス・スミスの方法 ($CaCO_3$-NH_4Cl, $CaCO_3$-$BaCl_2$) またはフレゼニウスの方法 (HF-H_2SO_4) により分解し，ナトリウムおよびカリウムを，他の共存元素から化学的に分離後，カリウムを塩化白金塩として秤量し，総アルカリ金属量からカリウム相当量を差し引き，残りをナトリウム量とする。従来アルカリ金属元素は，分析困難な元素のうちに数えられ，この方法も長時間の繁雑な操作と，高度の熟練が必要とされている。

近年に至り炎光分析の発展と，フレーム・フォトメーターの普及につれ，これらの困難はかなりに軽減された。測定精度と迅速性の点において，またその適用範囲において，炎光分析法は従来の化学的方法に比較しはるかにすぐれている。その結果，アルカリ金属元素の定量分析は，かなり容易となり，良好な値が得られるようになつた。珪酸塩・セメント・ガラス・スラッグなどの難溶性物質の炎光分析を行なう場合，試料をまず溶液にしなければならない。そのためには次のような分解法が用いられている。

1) ローレンス・スミス法
2) 弗酸・硫酸分解法
3) 弗酸・過塩素酸分解法

ついで，分解溶液中のアルカリ金属以外の共存諸元素を，化学的に分離したのち，炎光輝度を測定する方法と分離操作を行なわず，そのまゝ炎光輝度を測定し，同組成の共存成分を含む合成標準溶液と比較・定量する方法のいずれかが用いられる。分離操作を行なうと，炎光輝度の共存物による干渉が除かれるが，分離における問題がはいつてくる。分離操作に伴なう誤差を少なくするためには，操作はかなりに繁雑となる欠点があり，また使用試薬にも注意を払わねばならない。一方分離しないで測定する場合には，共存諸元素の影響を充分検討したうえで行なわなければならない。本報告においては，珪酸塩試料を，弗酸・鉱酸にて分解後，なんらの化学的分離操作を行なわず直接，試料溶液の炎光輝度を測定する方式をとり，その際の共存物質の影響を詳しく検討した。この方式は化学的分離操作における誤差を伴なわず，かつ操作がかなりに簡単になる。

実験では，まず人工合成溶液を用いて，ナトリウムおよびカリウムの炎光輝度に及ぼす次のような基礎的測定を行ない，定量条件を定めた。

1) 単独主成分元素の影響
2) 共存諸元素の相互組合せ効果
3) 岩石試料の化学的組成変化の及ぼす影響

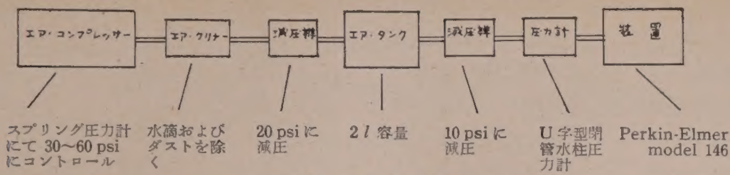
フレーム・フォトメーターによる測定は，すべて直接法により実施し，空気圧力ならびに噴霧部分の安定にとくに注意を払つた。次に U. S. Geological Survey の標準岩石試料 G-1, W-1 を使用し，弗酸・鉱酸分解法において，弗酸-硫酸，弗酸-硝酸，弗酸-塩酸のいずれの方法によつても満足される結果の得られることを示し，次いで本法の再現性を調べた。測定者を変え，それぞれ単独に標準溶液を作成し，測定した結果は，いずれも良い一致を示した。G-1, W-1 試料のナトリウムおよびカリウムの定量結果，ならびに再現性について，既往の分析結果と比較検討した結果，本法による測定結果は Relative deviation C においてほゞ 2.5 %以内という良好な値を示し，通常火成岩試料について充分適用可能な方法として，こゝに報告することにする。

2. G-1, W-1 試料について

U. S. Geological Survey の標準岩石試料，G-1, W-1

第 1 表　G-1, W-1 試料の化学組成
Chemical constituent of G-1, W-1 samples

	G-1		W-1	
	Arithmetic mean	Consensus mean	Arithmetic mean	Consensus mean
SiO_2	72.22	72.45	52.25	52.50
TiO_2	0.26	0.25	1.09	1.05
Al_2O_3	14.44	14.30	15.23	15.15
Fe_2O_3	0.94	0.85	1.85	1.40
FeO	1.00	1.00	8.51	8.75
MnO	0.03	0.025	0.19	0.17
MgO	0.39	0.45	6.52	6.65
CaO	1.42	1.35	10.95	10.95
Na_2O	3.26	3.35	2.05	2.10
K_2O	5.51	5.45	0.71	0.65
H_2O+	0.37	0.35	0.62	0.55
P_2O_5	0.10	0.10	0.13	0.15



第 1 図 空気圧調節系
Air Pressure Control System

34. 11. 3

については，ほゞ第 1 表のような化学組成が与えられている。G-1 は花崗岩試料を表わし，W-1 は輝緑岩試料を表わし，それぞれ酸性岩および塩基性岩を代表している。これらの試料は，1950～1951 年に世界の主要研究機関 24 カ所において分析され，結果について統計的検討が行なわれた。また主要化学成分のみならず，微量化学成分に関しても多くの人々の測定結果があり，広く岩石試料の分析標準試料として用いられている。

3. 測定装置ならびに測定条件

装置：パーキン・エルマー 146 型 フレーム・フォトメーター

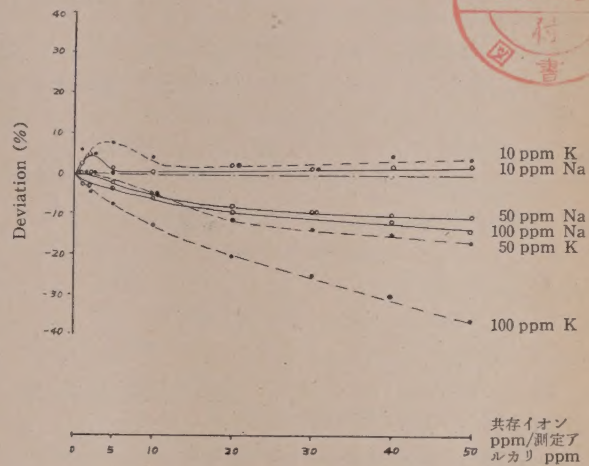
使用ガスおよび圧力：アセチレン—エア

アセチレンは炎光輝度の最高値の得られる次のような圧力で測定を行なつた。

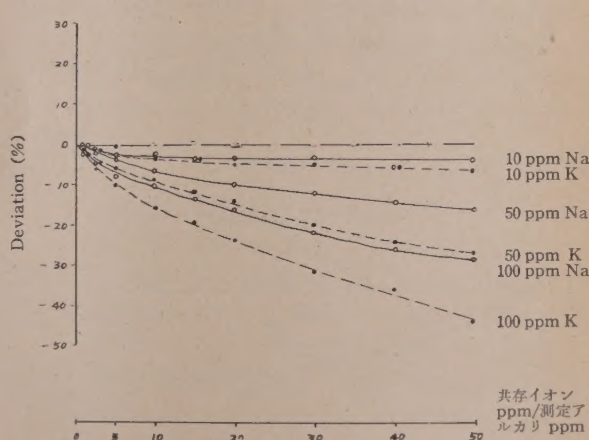
	使用波長	使用アセチレン圧
ナトリウム	5890, 5896 A	1.28 Atm.
カリウム	7665, 7699 A	1.20 Atm.

エア圧力はいずれも 10 psi を使用した。

エア圧力を一定に保持するため，第 1 図のように，減圧弁とエア・タンクを直列に連結した。第 2 段目の減圧弁において，圧力計における変動は認められなかつた。このように減圧弁とエア・タンクを交互に直列に連結し，等比的に圧力差をつけることにより，かなり正確に圧力を一定に保持することが可能となる。



第 2 図 鉄の影響
Effect of Iron

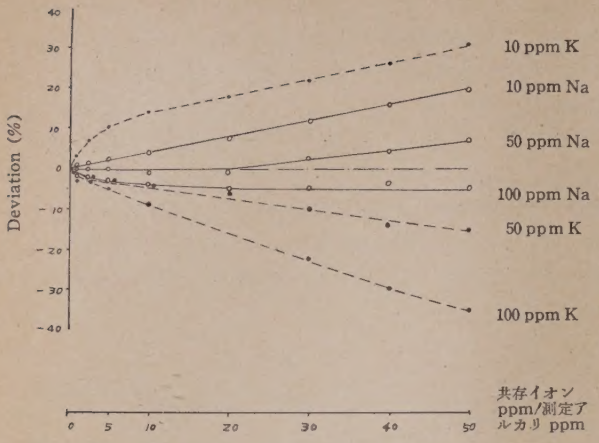


第 3 図 アルミニウムの影響
Effect of Aluminium

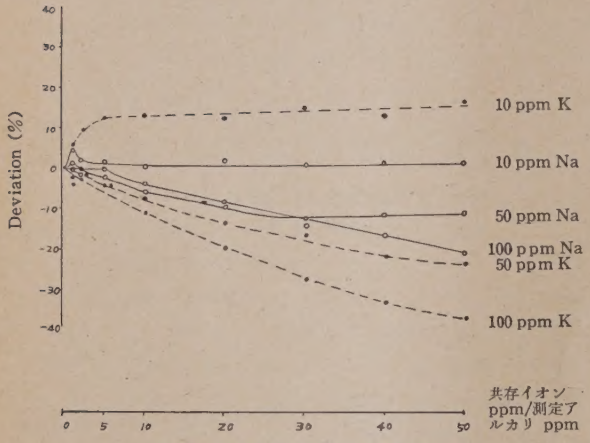
4. 単独主成分元素の炎光輝度に与える影響

鉄・アルミニウム・カルシウム・マグネシウムおよび塩酸の炎光輝度に与える影響を，かなり広範囲な共存において測定した。また大きな影響を及ぼし合うアルカリの相互作用を観察し，基礎的資料とした。こゝにおいては，これらの測定結果について詳しく述べないことにする。結果を第 2 ～ 8 図に掲げる。塩酸を除く金属成分の共存効果は同一共存比において比較した。これらの結果を概要すると，

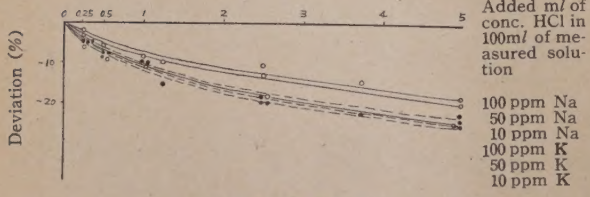
1) 同一共存比においても，測定濃度が異なると影響の大きさばかりでなく，そのあり方まで著しく異なる場合がある。一般に金属イオンそれ自体の共存は，アルカリの炎光輝度を弱める方向に作用するが（鉄・アルミニウムの場合）そのほかに帯スペクトルの効果，バックグラウンドの効果その他の諸素因が作用するので，測定濃度によりかなり複雑な様相を呈してくる（カルシウム・マグネシウムの場合）ものと考えられる。



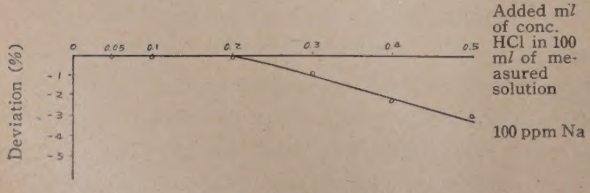
第 4 図 カルシウムの影響
Effect of Calcium



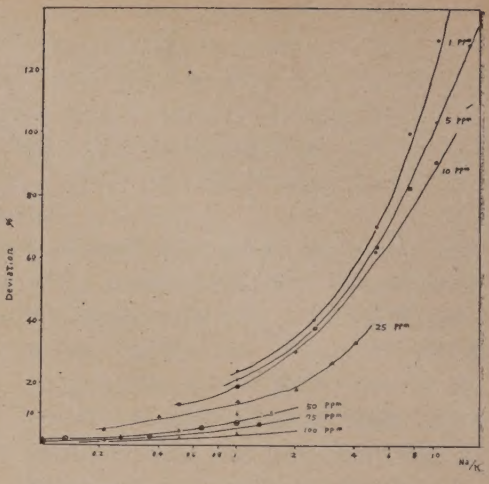
第 5 図 マグネシウムの影響
Effect of Magnesium



第 6 図 塩酸の影響-1
Effect of Hydrochloric Acid-1



第 7 図 塩酸の影響-2
Effect of Hydrochloric Acid-2



○ K 1 ppm solution ◔ 50 ppm
● 5 ppm ◎ 75 ppm
□ 10 ppm ◕ 100 ppm
△ 25 ppm

第 8 図 カリウム炎光輝度に及ぼす共存ナトリウムの影響
Effect of Sodium on Potassium Flame Intensity

2) 一般にナトリウムよりカリウムが大きい影響を受ける。

3) 共存する酸濃度は，実際の測定においてかなり大きな影響を及ぼすので，一定になるように注意しなければならない。

4) アルカリの相互作用の 1 例として，ナトリウムのカリウム輝度に及ぼす効果を第 8 図に掲げた。同一共存比において測定濃度の小なるほど影響が大きい結果を得た。これは鉄・アルミニウムの場合と全く逆な傾向である。

5) 噴霧器 (glass atomizer) が異なると，相互作用の大いさはかなり異なる。以上の測定は同一 atomizer による。

なお本測定に使用した諸試薬は，分光分析により，ナトリウムおよびカリウムの存否を確かめ，実験の目的に充分な精度を有している。共存する金属塩は，いずれも塩化物の形をなし，とくに鉄およびアルミニウムの場合のみ，加水分解による沈殿を防ぐため，定酸濃度の溶液とした。

5. 相互組合せ効果について

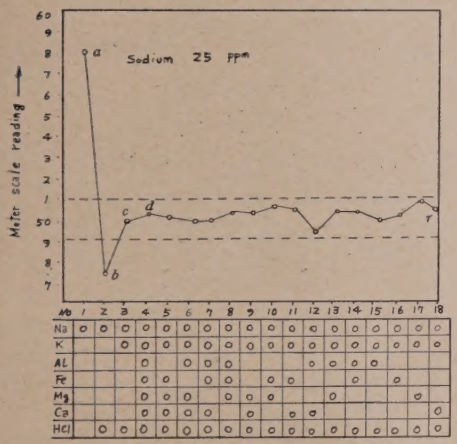
岩石試料 0.1 g を弗酸・鉱酸にて分解し，蒸溜水にて，100 cc の定酸濃度溶液とし，炎光輝度を測定する場合に，共存する主成分元素の共存 ppm を第 2 表に示した。

主成分元素の相互組合せ効果を調べるため，第 9 図，10 図の下部に示すような組合せの人工溶液

第2表 測定条件における共存イオン量(1)

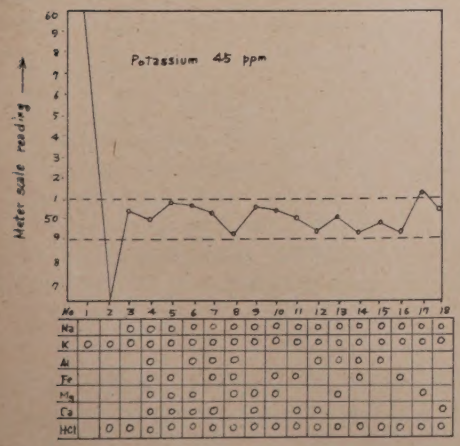
Quantity of metal ions at measurment condition (1)

	G-1		W-1	
	Weight percent as metals	ppm of metals in solution	Weight percent as metals	ppm of metals in solution
Si	—	non	—	non
Al	7.57	75.7	8.02	80.2
Fe	1.38	13.8	7.78	77.8
Mg	0.27	2.7	4.01	40.1
Ca	0.97	9.7	7.82	78.2
Na	2.49	24.9	1.56	15.6
K	4.33	43.3	0.54	5.4



第9図 組合せ効果の測定 1

Measurement of Combination Effect 1



第10図 組合せ効果の測定 2

Measurement of Combination Effect 2

18種類(No. 1~18)を作り，炎光輝度に及ぼす影響を測定した。この場合に，人工溶液中に加えた各元素の共存量は，第2表における G-1 試料相当のものとした。図下部において○印は測定溶液中におけるその元素の附加を示す。第9図においてa点は，ナトリウムのみ25 ppm を含む溶液のナトリウム炎光輝度を示す。b点はこの溶液に塩酸を共存させた場合であり，著しい輝度低下を示す。さらにカリウム 45 ppm を共存させると，アルカリ金属の相互作用により，輝度はc点に上昇を示す。この溶液にさらに，アルミニウム・鉄・マグネシウム・カルシウムの主成分元素を4~18にわたり，種々の組合せを考えて共存させナトリウム炎光輝度の変化を測定したところ，d~r に至るまで変動は図中点線で示した一定の範囲内にはいる。これは実験の誤差内で一定であると考えてさしつかえない。カリウムの場合も全く同じ傾向を示す。すなわち G-1 程度の酸性岩においては，アルカリ金属元素以外の金属元素の共存は大した影響を与えていないことがわかる。測定上大きな影響を及ぼすのは酸の共存と，アルカリ元素の相互作用である。したがつて G-1 のような酸性岩試料においては，弗酸分解溶液を共存主成分元素を含む標準溶液と比較定量する必要はなく，酸濃度と共存アルカリ元素の補償をすればよいことになる。またアルミニウム・鉄・マグネシウム・カルシウムの間に，とくに組合せ効果は認められなかつた。以上の実験は比較的共存量の低い場合であつて，さらに共存量が増大した場合には，いろいろの効果が現われてくることが考えられる。

6. 岩石の組成変化による影響

酸性岩は珪酸分に富み，鉄・マグネシウム・カルシウム含有量が低い。酸性岩より，塩基性岩に移行するにつれ，一般に鉄・マグネシウム・カルシウム含有量が増大し珪酸量は減少する。酸性岩の代表が G-1 であり，塩基性岩のそれが W-1 であることは前に述べた。多くの火成岩試料の化学組成は，これらの間にはいるものとみてさしつかえない。そこで，この岩石の組成の変化が，測定条件においてどのように影響するかを調べてみた。前述のように試料 0.1 g を分解し，100 cc の測定溶液となす場合を考慮し，共存主要金属元素について，第3表のような組成の溶液を作成した。すなわち，酸性岩(G-1)，および塩基性岩(W-1)を両端とし，その中間的組成を示す2つの岩石を考えた。

定濃度のナトリウムまたはカリウムの溶液に，第3表のような組成の金属元素を共存させ，全くこれらの金属元素を含まない，ナトリウムまたはカリウムの定濃度溶液と炎光輝度を比較した結果を第4表に示す。

第3表 測定条件における共存イオン量(2)

Quantity of metal ions at measurement condition (2)

	RS-1 (G-1)	RS-2	RS-3	RS-4 (W-1)
Al ppm	76	80	80	81
Fe ppm	14	25	50	78
Mg ppm	3	10	20	40
Ca ppm	10	25	50	78
	Acidic ←			→ Basic

第4表 岩石の組成変化の及ぼす影響

Effect of constitutional change

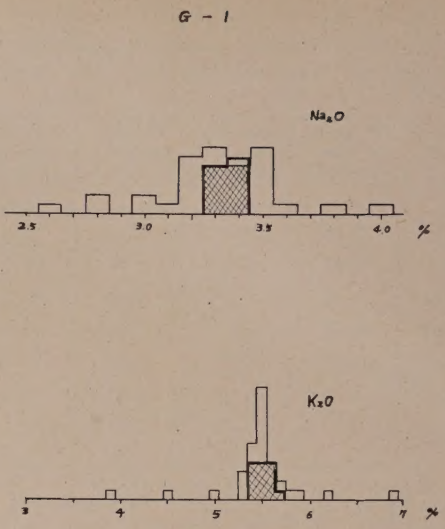
	Na 25 ppm Deviation (%)	K 25 ppm Deviation (%)
RS-1 (G-1)	non	non
RS-2	non	non
RS-3	non	non
RS-4 (W-1)	non	+2

測定溶液は，いずれも conc. 塩酸5cc を 100cc の溶液に含む。RS-1～3 までは，ナトリウム・カリウムともに炎光輝度の差は認められない。RS-4 (W-1) において，カリウムのみに，+2%の差が認められた。すなわちこの測定条件においては，酸性岩において，ほとんど共存金属元素の影響を無視しうるが，塩基性岩の極端な場合にはある程度の影響が現われてくる。RS-3 で影響が現われないことを考えると，RS-4 程度の塩基性岩の場合においても，本測定条件の2倍程度まで稀釈すれば充分影響が除かれると思われる。たゞし塩基性岩の場合に，カリウム含有量が通常より低い場合がある (0.2% K_2O 程度)。そのような場合には，測定装置の精度を考慮して，稀釈せずにそのまゝ測定し，共存系の補償をしたほうが良い場合もある。パーキン・エルマー型のフレーム・フォトメーターにおいては，測定溶液中のアルカリ金属濃度が数 ppm 以下となる場合には，装置的原因により再現性が多少悪くなる傾向がある。そのためには第3表の10倍濃度の溶液を，合成標準溶液の原液として作成しておくと便利である。標準溶液 100cc ごとに 10cc を加えればよい。共存系の補償，疑問のチエック，またはリシウムの定量の場合などにも用いられる。

7. G-1, W-1 試料中のナトリウムおよびカリウムの定量

7.1 実験-1

弗酸・鉱酸で試料を分解する場合に，弗酸-硫酸，弗酸-硝酸，弗酸-塩酸の3つの方法が考えられる。これらの諸分解法を用いて，G-1 試料中のナトリウムおよびカリウムを定量した結果を第5表および第 11 図に示す。分解法の差による分析値の差は認められない。弗酸・鉱酸分解法は，珪酸塩の分解法として必ずしも一般的な方法ではないが，通常の火成岩試料においては充分目的を達しうるという結果を得た。実験-1 において，測定試料溶液はまず直接法によりおゝよそナト



第 11 図 実験-1

Experiment-1

第5表 実験-1, G-1 の定量結果

Experiment-1 results of analysis, G-1

No	Method	Na ppm measured	Na_2O (%)	K ppm measured	K_2O (%)
1	a	25.3	3.41	47.5	5.72*
2	b	25.3	3.41	46.0	5.54
3	c	24.4	3.29	47.9	5.77*
4	d	25.0	3.37	46.0	5.54
5	d	24.6	3.32	46.2	5.57
6	c	24.8	3.34	44 7	5.38
7	e	25.1	3.38	44.5	5.36
8	d	25.2	3.40	44.4	5.35
9	d	25.3	3.41	45.0	5.42
10	d	24.4	3.29	46.0	5.54
11	d	24.3	3.28	45.7	5.51
$\bar{x}$			3.35		5.43

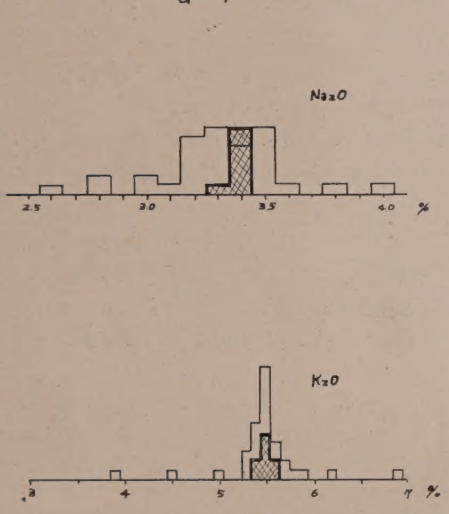
* Exceptional value, omitted from $\bar{x}$

Method : a. HF-HCl 分解後, conc. HCl 5cc を加え残査溶解, 100cc の測定溶液とする
b. HF-H_2SO_4 分解 同 上
c. HF-HCl 分解後, 数滴の conc. HCl を加えて残査溶解, 100cc の測定溶液とする
d. HF-H_2SO_4 分解 同 上
e. HF-HNO_3 分解 同 上

リウム量を求め，次いでほゞ共存するナトリウム量を含むカリウムの標準溶液との比較によつて，カリウム量を正確に決定し，ついで共存カリウム量を含むナトリウム標準溶液を使用して，ナトリウム量を正確に定量した。測定値は3回の平均をとつた。この場合に，標準溶液は必ず測定試料溶液と同一酸濃度にしてあることはもちろんである。第11図において実線にて示した統計図は，G-1試料を世界24カ所の研究機関で分析した結果を示し，当所における分析結果をアミ目部にて示した。以下実験-2および実験-3における結果は同一表示による。

7.2 実験-2

実験-1においては，いくつかの方法で試料の分解を試みた。それらのうち，弗酸-塩酸分解法[註1]が比較的簡単で，かつ能率的なのでこの方法を採用し，一つの分解操作で同一試料を繰り返し分析した場合に，どの程度の再現性[註2]が得られるか調べてみた。結果を第6表および第12図に示す。第6表の方法の項に，a-A, a-B とあるのは前者は実験-1の場合のように標準溶液において，共存酸とアルカリ金属の補償を行なつたことを示し後者は共存酸・アルカリ金属および主要金属元素について補償を行なつたことを示す。両法による値はよく一致しており，酸性岩試料の場合に，アルカリ金属以外の共存主成分元素について合成標準溶液を用いる必要がないことが，実際の測定の場合にも確かめられた。



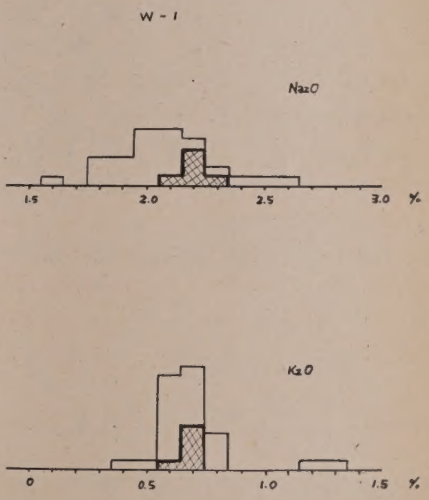
第12図 実験-2
Experiment-2

第6表 実験-2, G-1 の定量結果
Experiment-2, results of analysis, G-1

No	Method	Na ppm measured	Na_2O (%)	K ppm measured	K_2O (%)
1	a-A	25.1	3.38	46.0	5.54
2	〃-A	25.1	3.38	45.7	5.51
3	〃-A	24.9	3.36	46.0	5.54
4	〃-A	25.2	3.40	46.2	5.57
5	a-B	24.5	3.30	45.2	5.45
6	〃-B	25.0	3.37	45.0	5.42
7	〃-B	25.0	3.37	46.0	5.54
8	〃-B	25.2	3.40	46.8	5.64
9	〃-B	—	—	45.0	5.42
$\bar{x}$			3.37		5.51

7.3 実験-3 W-1 試料について

弗酸-塩酸分解法により，ナトリウムおよびカリウムを定量した結果を第7表および第13図に示す。この場合は，6項において述べたように a-A 法と a-B 法に若干の差が認められる。測定結果は a-B 法による。



第13図 実験-3
Experiment-3

第7表 実験-3, W-1 の定量結果
Experiment-3, results of analysis, W-1

No	Method	Na ppm measured	Na_2O (%)	K ppm measured	K_2O (%)
1	a-B	16.4	2.21	5.4	0.650
2	〃	16.3	2.20	5.6	0.675
3	〃	15.9	2.14	5.4	0.650
4	〃	16.9	2.28	5.3	0.638
5	〃	16.5	2.22	5.7	0.687
6	〃	16.6	2.24	5.4	0.650
$\bar{x}$			2.22		0.658

註1) **7.4** 参照

註2) **7.5** 参照

第8表 分 析 の 精 度

Precision in analysis

n Number of observations, analyses, etc.

$\bar{x}$ Arithmetic mean

d Deviation of an observation from the mean

S Standard deviation $=\sqrt{\frac{\sum d^2}{n-1}}$ the uncertainty of a single observation

$S\bar{x}$ Standard error $=\frac{S}{\sqrt{n}}$ the error of the arithmetic mean

C Relative deviation $=\frac{S}{\bar{x}}\times 100$, also known as the coefficient of variation

E Relative error $=\frac{C}{\sqrt{n}}$

7.4 試料溶液の作り方

粉末試料 0.1 g を秤量採取し，白金坩堝中に置く。試料を少量の蒸溜水で湿した後，弗酸 5 cc, conc. 塩酸 5 cc を加え白金線にてよく攪拌する。この際試料の大部分は溶解する。次に砂皿上にて除熱分解させ，蒸発乾固させる。もし分解不充分なときは，この操作を繰り返す。乾固残査には conc. 塩酸を数 cc 加え，湯煎上で加熱溶解させ舎利別状になるまで濃縮した後，さらに conc. 塩酸 5 cc を加えて，全容量を正確に蒸溜水で 100 cc にする。以上の操作においては塩酸のかわりに硫酸を用いてもよい。

試料を弗酸・鉱酸で分解，乾固させる際，残査をあまり強く加熱しすぎるとしばしば残査が酸に難溶性となることがある。これは残査中，とくにアルミニウムが難溶性となるためで，乾固後長時間にわたつて強く加熱するのは避けるべきである。また蒸溜水で稀釈する際に試料溶液が白濁することがある。これはアルミニウムの水酸化物が析離するためで，このような場合は，アルカリ金属含有値が幾分低目にでるのが普通である。白濁成分を分光分析で調べた結果，アルカリ金属元素を強く吸着していることがわかつた。したがつて試料の溶解操作ならびに稀釈操作には，とくに注意が肝要である。

7.5 定量結果について

G-1, W-1 の定量精度(再現性)を，第8表のような統

第9表 分 析 精 度 と

Precision and comparison

Material	Reference No	No. of Observations	Na_2O					
			$\bar{x}$	S	$S\bar{x}$	C	E	$\bar{x}$
Granite	G-1	11	3.35	0.0527	0.016	1.57	0.473	C 5.43*
								A 5.52*
		8 (Na) 9 (K)	3.37	0.0316	0.011	0.94	0.332	5.51
Diabase	W-1	6	2.22	0.0467	0.019	2.10	0.859	0.658
Granite	G-1	5	3.34			2.55	1.14	5.46
〃	G-1	8	3.58			1.40	0.50	5.42
Diabase	W-1	8	2.29			2.85	1.01	0.693
Granite	G-1	7	3.43	0.21		6.23		5.43
Diabase	W-1	6	2.20	0.13		5.72		0.68
Granite	G-1	34	3.26	0.284	0.06	(8.71)	1.81	5.51
Diabase	W-1	34	2.05	0.230	0.05	(11.1)	2.39	0.71

* C: Consensus mean

A: Arithmetic mean

計的表示に従い，既往のデータと比較した結果を第9表に示す。Relative deviation C において，炎光分析法と分光分析法の機器を主体とした定量結果は，いずれも3％以内の値を示す。これに対して化学的方法を主とした場合には，U. S. Geological Survey における定量結果は4～7％，世界24カ所で行なわれた定量結果はさらに大きな値を示す。化学的方法による分析困難なアルカリ金属の定量の場合，機器による分析値は再現性の点ですぐれ，Relative deviation C において3％程度の精度が得られ，かつ迅速性の点でもすぐれている。たゞし測定にあたつて，その前に充分な検討と用意が必要であることはこゝにいうまでもない。

8. 結　論

岩石試料の炎光分析において，試料を弗酸・鉱酸で分解後，なんらの化学的分離操作を行なわなくても適当な条件において測定すれば，充分精度ある定量結果のでることがわかつた。本実験の結果を要約すれば次の通りである。

1) 試料の分解操作において，弗酸-硫酸，弗酸-硝酸，弗酸-塩酸のいずれの方法においても満足すべき結果を得た。試料の分解生成物は充分よく溶解させることが肝要である。弗酸-鉱酸分解法は必ずしも一般的な方法ではない。大部分の珪酸塩は本法により分解するが，一部の珪酸塩はしばしば完全に分解しない。そのような場合には，ローレンス・スミス法がより一般的であるといえる。

2) 測定条件において，アルカリ金属の相互作用と，酸濃度による輝度低下が最も大きい効果をもつ。したがつて，共存アルカリ金属量による相互補正と，測定条件において酸濃度は常に一定に保つように注意が必要である。アルカリ金属以外の共存主成分元素の影響は，測定溶液を適当に稀釈することによりほとんど無視しうる。

3) 測定条件において顕著な組合せ効果は認められない。

4) 塩基性岩試料の場合には，酸性岩試料の測定条件よりさらに測定溶液を稀釈するか，あるいは合成標準溶液との較正が必要である。

5) 本法による定量結果は，Relative deviation C において2.5％以内の良好な結果を得た。これは炎光光度計の直接法における測定精度の限界であると考えられる。本法は通常火成岩試料について充分適用可能な方法であり，分析操作が比較的簡単であると同時に，精度の点においても従来の化学的方法よりすぐれている。

終りに本実験を行なうにあたり，G-1, W-1 試料の提供をあおいだ東京工業大学分析化学教室柱敬氏に深甚なる謝意を表する。

(昭和31年5月～12月研究)

定量結果の比較
of determinations

K_2O				Remarks
S	*Sx̄*	*C*	*E*	
0.0896	0.027	1.65	0.497	Experiment-1 Flame photometer precision data. Geological Survey of Japan
0.1382	0.042	2.50	0.754	
0.0734	0.025	1.33	0.444	Experiment-2
0.0186	0.008	1.15	0.470	Experiment-3
		2.95	1.32	Spectrochemical precision data. Margaret Kearns, M. I. T.
		0.83	0.29	Flame photometer precision data. Geraldine Sullivan, M. I. T.
		2.28	0.81	
0.21		3.83		Precision detm. in replicate rock analysis by U. S. Geological Survey. Chemical method but three analysts detmed alkalis with flame photometer
0.05		7.06		
0.549	0.11	9.96	2.07	Precision detms in rock analysis by 24 Laboratories
0.196	0.04	27.6	5.89	

文 献

1) Ahrens, L. H.: Quantitative spectrochemical analysis of silicates, Addison-Wesley, Cambridge, Mass., 1955

2 Biffen, F. M.: Sodium and potassium determinations in refractory materials, Anal. Chem., Vol. 22, No. 1014, 1950

3 Ellestad, R. B. & Horstman, E. L.: Flame photometric determination of lithium in silicate rocks, Anal. Chem., Vol. 27, No. 1229, 1955

4) Fairbairn, H. W., Schlecht, W. G., Stevens, R. E., Dennen, W. H., Ahrens, L. H. & Chayes, F.: A co-operative investigation of precision and accuracy in chemical, spectrochemical and modal analysis of silicate rocks, U. S. Geological Survey Bulletin, No. 980, 1951

5 Fairbairn, H. W. & Schairer, J. F.: A test of the accuracy of chemical analysis of silicate rocks, Amer. Mineral., Vol. 37, No. 744, 1952

6 Fairbairn, H. W.: Precision and accuracy of chemical analysis of silicate rocks, Geochim. et Cosmochim. Acta, Vol. 4, No. 143, 1953

7 Ford, C. L.: Determination of sodium and potassium by flame photometer in Portland cement raw materials and mixture of similar silicates, Anal. Chem., Vol. 26, No. 1578, 1954

8 石田良平: 炎光分光分析法に関する研究 (第2報), アルカリ元素の定量について, 日化, Vol. 76, No. 56, 1955

9) 石田良平: 炎光分光分析法に関する研究 (第6報), 種々のスペクトル線の感度について, 日化, Vol. 77, No. 242, 1956

10 石田良平外4名: フレーム・フォトメーターによる各種高炉原料及び副生成物のアルカリ定量について, 分光研究, Vol. 4, No. 3, p. 14, 1956

11 Knight, S. B., Mathis, W. C. & Graham, J. R.: Mineral analysis with the flame photometer, Anal. Chem., Vol. 23, No. 1704, 1951

550.337

垂直探査の解析法の改良について*

小 野 吉 彦**

On the Improvement of Interpretation of Electrical Sounding Data

by

Yoshihiko Ono

Abstract

In applying two-layer standard curve method, or Sundberg curve-matching method to the interpretation of electrical sounding data which represent three layers or more, the sets of the auxiliary curves based on the idea of Hummel's equivalent resistivity are required.

This method may give fair accuracy, in case the three-layer curve has a minimum, but it leads to serious errors for the other cases, especially for the maximum type curve.

In this report, a new interpretation method similar to Hummel's method is proposed. The writer's method requires the new auxiliary curves based on Muskat's potential equation which expresses the potential far away from the single current source for the three-layer cases. For three-layer cases, the thickness and resistivity of the equivalent layer composed of the top layer and second layer are expressed by the following equations.

$$d_e = \sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 2d_1 d_2 \rho_2/\rho_1}$$

$$\rho_e = \frac{\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + 2d_1 d_2 \rho_2/\rho_1}}{d_1/\rho_1 + d_2/\rho_2}$$

Where d_e — thickness of equivalent layer

ρ_e — resistivity of equivalent layer

d_1 — thickness of the top layer

d_2 — thickness of the second layer

ρ_1 — resistivity of the top layer

and ρ_2 — resistivity of the second layer

If $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$, by modifying (1) and calculating them approximately, the next relations are obtained.

$$d_e \cong d_1 + d_2$$

$$\rho_e \cong \frac{d_1 + d_2}{d_1/\rho_1 + d_2/\rho_2}$$

and, if $\rho_1 < \rho_2 < \rho_3$,

$$d_e \cong \sqrt{(d_1\rho_1 + d_2\rho_2)(d_1/\rho_1 + d_2/\rho_2)}$$

$$\rho_e \cong \sqrt{\frac{d_1\rho_1 + d_2\rho_2}{d_1/\rho_1 + d_2/\rho_2}}$$

Some examples are illustrated. And then, the accuracy of the new method is discussed. According to these examples, this method gives the good results for the three-layer curves.

For four-layer curves, it is expected to obtain attracted results in case where the relative thickness of each layer is large, although both resistivity and depth value of one example show lower accuracy (in case where the relative thickness of each layer is small).

* 昭和33年6月 [illegible] において講演したものに，さらに手を加えたもの。

** [illegible]理探査[illegible]

要 旨

2層標準曲線法，いわゆる Sundberg の曲線重合法を，3層以上の特性をもつ垂直探査曲線の解析に適用するには，Hummel の等価比抵抗の概念に基づく補助曲線が必要である。この方法は，3層曲線の場合でも，極小型曲線 ($\rho_1>\rho_2<\rho_3$) の場合にはよい結果を得ることができるが，その他の場合，ことに極大型曲線 ($\rho_1<\rho_2>\rho_3$) の場合には相当の誤差をもつものである。

筆者はこの報告において Hummel の概念を修正した新しい等価比抵抗の概念に基づく補助曲線を作製した。筆者の方法は，Muscat によつて導入された遠方電位式を利用したもので，曲線の用い方は Hummel の補助曲線の場合と類似している。

3層の場合，第1層と第2層とからなる合成層の等価比抵抗と厚さは，次の式で表わされる。

$$\left.\begin{aligned} d_e &= \sqrt{d_1^2+d_2^2+2d_1d_2\ \rho_2/\rho_1} \\ \rho_e &= \frac{\sqrt{d_1^2+d_2^2+2d_1d_2\ \rho_2/\rho_1}}{d_1/\rho_1+d_2/\rho_2} \end{aligned}\right\} \quad (1)$$

ここに d_e: 等価層の厚さ
ρ_e: 等価層の比抵抗
d_1: 第1層の厚さ
d_2: 第2層の厚さ
ρ_1: 第1層の比抵抗
ρ_2: 第2層の比抵抗

である。

とくに $\rho_1>\rho_2<\rho_3$ の場合には近似的に

$$\left.\begin{aligned} d_e &\cong d_1+d_2 \\ \rho_e &\cong \frac{d_1+d_2}{d_1/\rho_1+d_2/\rho_2} \end{aligned}\right\} \quad (2)$$

で Hummel の場合と一致する。

また $\rho_1<\rho_2<\rho_3$ の場合には，

$$\left.\begin{aligned} d_e &\cong \sqrt{(d_1\rho_1+d_2\rho_2)(d_1/\rho_1+d_2/\rho_2)} \\ \rho_e &\cong \sqrt{\frac{d_1\rho_1+d_2\rho_2}{d_1/\rho_1+d_2/\rho_2}} \end{aligned}\right\} \quad (3)$$

で，等価比抵抗は直列抵抗と並列抵抗との幾何平均として表わされる。

本報告において若干の例を示し，解析精度を論じた。これらの結果によれば，3層の場合は非常によい結果が得られている。

4層の場合は，解析例はよい結果を示さないけれどもむしろこの例は，解析の最も困難な場合，すなわち，下層の相対厚度の小さい場合であつて，相対厚度が大きければ，実用上，差し支えない程度の精度が得られると思われる。

1. 緒 言

水平状に堆積した地層の深さ，厚さおよび広がり等を推定するのに，比抵抗法がしばしば用いられる（このような用い方は，垂直探査法と呼ばれている）。その解析法として，これまで最もよく利用されているのは，Sundberg の標準曲線法であろう。ところで，この方法は，元来2層構造に適するもので，一方，われわれが現地でしばしば遭遇するのは，3層もしくはそれ以上の多層の特性を示す。したがつて，上の方法はそのまゝでは用いられないで，Hummel の等価抵抗の概念に基づく補助曲線を利用して，多層問題へ拡張する方法が採用されている。ところが，この方法は実際の結果と食い違うことがしばしば報告されており，ために3層の標準曲線が発表されるに至つたが，同時に，経験法が根強くはびこる原因をなしている。

一般的には多層問題の解析には多少なりとも任意性はさけられない。一見，単純な特性を示す曲線でも，実際は複雑な比抵抗分布の反映にほかならない場合が多い。

もともと地表探査の主眼が巨視的構造を求めるにあり，微細構造の検知は電気検層にゆだねるべきものである。したがつて，地表探査によつて得られるものは，いわば合成層であつて，各合成層の境界に地質的に意味をもたせることは，常に可能であるとは限らない。

さらに，微視的，巨視的といつても，概念上のことで検出能からいえば，電気検層では地層の絶対厚度に大きく支配されるが，地表の比抵抗探査では相対厚度に左右されるので，表層近くの数 m の厚さのものが比抵抗曲線に大きく反映するのに反して，数 10 m の深さでは，10 数 m の厚さのものは微細構造として検出が困難である。

こうして，解析結果の誤差を絶対尺度で論ずることは実際上の重要性を有するにもかゝわらず，地表探査では困難な問題であろう。しかしながら，相対尺度で論じた場合ですら，現在の解析精度はあまりよくない。そこで，まず，この精度をあげるよう努力を払う必要がある。

ところで，そのためには，解析原理上不可避な任意性についての知識を豊富にすることがまず必要である。この問題については別の機会に論ずることとして，現在，広く採用されている解析法の改良を試みることも，3層の標準曲線集が流布していないこんにちでは意義あることと信じている。

筆者は以前の報告[7]において，Hummel の等価抵抗の概念にメスを加えることによつて，解析法の改良をなしうるであろうと主張したが，その後，Muskat[6] の遠方電位の表示式に基づいて，3層の場合に適用できる

新しい補助曲線を作製した。この方法は従来の方法と類似の手続きで解析でき，少なくとも3層の場合はきわめて精度の良い結果が得られることがわかつたのでこゝに報告する。

2. 解析原理

Muskat は成層構造に対する電位式を検討し，数値計算に適する展開式を導いている註1)。彼の方法にしたがつて，遠方の電位を表示する式を求めると，展開式における高次の項を省略できるとき，次のようになる。

(i)　2層の場合

$$V=\frac{I\rho_2}{2\pi r}\left[1-\frac{\rho_2^2}{\rho_1^2}\left(1-\frac{\rho_1^2}{\rho_2^2}\right)\frac{d_1^2}{r^2}\right] \qquad (1)$$

(ii)　3層の場合

$$V=\frac{I\rho_3}{2\pi r}\left[1-\left\{\frac{\rho_3^2}{\rho_1^2}\left(1-\frac{\rho_2^2}{\rho_3^2}\right)\left(1+\frac{\rho_1 d_2}{\rho_2 d_1}\right)^2+\frac{\rho_2^2}{\rho_1^2}\left(1-\frac{\rho_1^2}{\rho_2^2}\right)\right\}\frac{d_1^2}{r^2}\right] \qquad (2)$$

(iii)　4層の場合

$$V=\frac{I\rho_4}{2\pi r}\left[1-\left\{\frac{\rho_4^2}{\rho_1^2}\left(1-\frac{\rho_3^2}{\rho_4^2}\right)\left(1+\frac{\rho_1 d_2}{\rho_2 d_1}+\frac{\rho_1 d_3}{\rho_3 d_1}\right)^2+\frac{\rho_3^2}{\rho_1^2}\left(1-\frac{\rho_2^2}{\rho_3^2}\right)\left(1+\frac{\rho_1 d_2}{\rho_2 d_1}\right)^2+\frac{\rho_2^2}{\rho_1^2}\left(1-\frac{\rho_1^2}{\rho_2^2}\right)\right\}\frac{d_1^2}{r^2}\right] \qquad (3)$$

こゝに，V は点電流源から大地に全電流 I を通じたとき，点電流源からの距離 r における地表の電位，ρ_1, ρ_2, ……，および d_1, d_2, ……，はそれぞれ，第1層，第2層，……，の比抵抗と厚さである。上の各式は，r が充分大きいときには，見掛け比抵抗が最下層の比抵抗に近づくことを示すものであつて，その漸近の仕方を示している。

括弧の中の $1/r^2$ の係数を比較すると，

2層の場合は　$\left(1-\frac{\rho_2^2}{\rho_1^2}\right)d_1^2$ 　　(4)

で，3層の場合，上部2層を等価層でおきかえることが可能であるとすれば，

$$\left(1-\frac{\rho_3^2}{\rho_e^2}\right)d_e^2 \qquad (5)$$

の形をとるであろう。こゝに，ρ_e と d_e とはそれぞれ等価層の比抵抗と厚さである。(2)の式の括弧のなかの $1/r^2$ の項を整理すると，

$$(\Delta_1-\Delta_2\rho_3^2)=\left(1-\frac{\rho_3^2}{\frac{\Delta_1}{\Delta_2}}\right)\Delta_1 \qquad (6)$$

の形になる。こゝに，

$$\left.\begin{aligned}\Delta_1&=d_1^2+d_2^2+2\frac{\rho_2}{\rho_1}d_1d_2\\ \Delta_2&=\left(\frac{d_1}{\rho_1}+\frac{d_2}{\rho_2}\right)^2\end{aligned}\right\} \qquad (7)$$

したがつて(5)と(6)とを比較すれば，

$$\left.\begin{aligned}d_e&=\sqrt{\Delta_1}\\ \rho_e&=\sqrt{\frac{\Delta_1}{\Delta_2}}\end{aligned}\right\}. \qquad (8)$$

が得られる。

これによると等価層の厚さも (d_1+d_2) ではなくなり，等価比抵抗も2層の並列比抵抗のほかに，別な因子がはいつてくる。(8)のまゝでは物理的にもその意味が明白でないので若干の変形を施して，いろいろな場合について考察してみよう。

(i)　$\rho_1>\rho_2<\rho_3$ の場合，

$$\left.\begin{aligned}d_e&\cong d_1+d_2\\ \rho_e&\cong\frac{d_1+d_2}{\frac{d_1}{\rho_1}+\frac{d_2}{\rho_2}}\end{aligned}\right\} \qquad (9)$$

すなわち，Hummel の等価層に一致する。

(ii)　$\rho_1<\rho_2<\rho_3$

$$\left.\begin{aligned}d_e&\cong\sqrt{(d_1\rho_1+d_2\rho_2)\left(\frac{d_1}{\rho_1}+\frac{d_2}{\rho_2}\right)}\\ \rho_e&\cong\sqrt{\frac{d_1\rho_1+d_2\rho_2}{\frac{d_1}{\rho_1}+\frac{d_2}{\rho_2}}}\end{aligned}\right\} \qquad (10)$$

この場合，等価比抵抗は直列抵抗と並列抵抗の幾何平均になる。地層に平行な方向の合成比抵抗を $\rho_\parallel$，垂直な方向の合成比抵抗を $\rho_\perp$ とすれば，

$$d_e\cong\sqrt{\frac{\rho_\perp}{\rho_\parallel}}(d_1+d_2)$$

$$\rho_e\cong\sqrt{\rho_\perp\rho_\parallel}$$

$\sqrt{\rho_\perp\rho_\parallel}$ は巨視的異方性係数，$\sqrt{\rho_\perp\rho_\parallel}$ は平均比抵抗に相当するもので，この場合，

$$d_e>d_1+d_2$$

である。

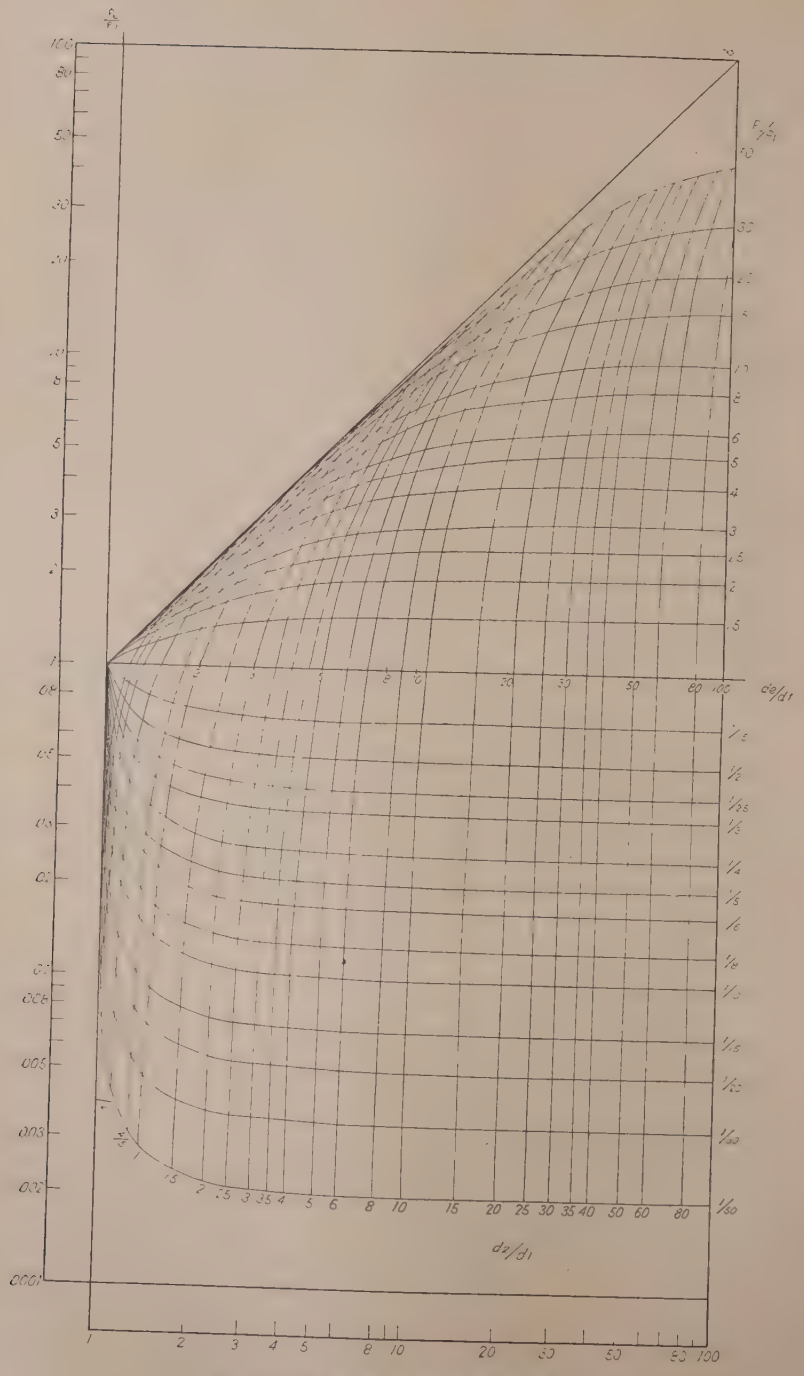
(iii)　$\rho_1>\rho_2>\rho_3$

$$\left.\begin{aligned}d_e&=\eta(d_1+d_2)\\ \rho_e&=\eta\frac{d_1+d_2}{\frac{d_1}{\rho_1}+\frac{d_2}{\rho_2}}\end{aligned}\right\} \qquad (11)$$

(iv)　$\rho_1<\rho_2>\rho_3$

$$\left.\begin{aligned}d_e&=\xi\sqrt{(d_1\rho_1+d_2\rho_2)\left(\frac{d_1}{\rho_1}+\frac{d_2}{\rho_2}\right)}\\ \rho_e&=\xi\sqrt{\frac{d_1\rho_1+d_2\rho_2}{\frac{d_1}{\rho_1}+\frac{d_2}{\rho_2}}}\end{aligned}\right\} \qquad (12)$$

註1) Muskat の方法は，清野武著電気探鉱学に詳しく紹介されている。また，本報告の意図するところが，成層構造に対する見掛け比抵抗曲線の算出にあるわけではないので省略している。興味をもたれる読者は上掲の教科書の III を参照されたい。



第 1 図 垂直探査解析用補助曲線図

たゞし，η, ξ は ρ_1, ρ_2, d_1 および d_2 の函数であり，形式をとゝのえるため用いた補正係数である。

さて，(8)を用いて，縦軸に ρ_e/ρ_1 横軸に d_e/d_1 をとり，ρ_2/ρ_1 および d_2/d_1 をパラメータとして，両対数方眼紙上に図示したものが第1図である。この曲線群は，与えられた ρ_2/ρ_1 と d_2/d_1 とから等価比抵抗と等価層の厚さを求めるのに利用されるが，また，2層の標準曲線を3層問題の解析に適用するときの補助曲線として利用することができる。

3. 新しい解析法の説明

さて，第1図の補助曲線を用いて，3層問題を解析する方法を説明しよう。測定曲線は第2図のような層の特性を有するものとする。Sundberg の標準曲線[註2)]によつて，従来と同じ要領で第1層および第2層の比抵抗値 ρ_1 と ρ_2，ならびに両層の境界面の深さ d_1 を決定する。これは2層の場合の解析法と全く同じであるが，こうして求めた第2層の比抵抗値は，実際の値から外れることがある。第3層の比抵抗が第2層の比抵抗より大きいか小さいかによつて，解析から得られる比抵抗値は，実際の値より大きくなつたり小さくなつたりする。この食い違いが第2層と第3層の境界決定に影響を与えるものであるので，このことを考慮して照合法を適用するのがよい　いずれにせよ，第2層の比抵抗推定において第3層の影響がはいつてくることは解析上銘記すべきことがらである。

次に，これまでの補助曲線を用いるのと同じ手順で，測定曲線をこれに重ね合せる。さきに重ねた標準曲線と同じパラメータ ρ_2/ρ_1 に等しい補助曲線を，その原点を前に求めた座標 (d_1, ρ_1) に合せて測定曲線紙上にうつしとる。これが終るとふたゝび標準曲線集の上に測定曲線用紙をおき，いまうつしとつた補助曲線上に標準曲線の原点がくるように，測定曲線用紙をすべらせる。こうして，測定曲線の第3層の特性部分に，最もよく重なるような適当な標準曲線を選びだし，そのときの原点を測定曲線用紙上にうつす。このときの横軸の値には (d_e) を，縦軸には ρ_e を与える。第3層の比抵抗値 ρ_3 は，いま求めた ρ_e に合致した標準曲線の比 ρ_2/ρ_1 を乗じればよい。たゞし，忘れてはならないことは，d_e は必ずしも第2層と第3層との境界を示すものではないことである。

そこで，補助曲線を用いて，d_2 もしくは (d_1+d_2) を求めねばならない。そのためには次のような手続きをとればよい。測定曲線用紙を補助曲線の上におき，補助曲線の原点を測定曲線用紙の座標 (d_1, ρ_1) と一致させ，(d_e, ρ_e) の示す補助曲線のパラメータ d_2/d_1 を読みとる。

こうして，前に求めた d_1 とこの d_2/d_1 とから d_2 を求めることができる。実際には (d_e, ρ_e) なる点を通る d_2/d_1 の値が，一定な曲線に沿つてほゞ縦方向に上下して，補助曲線の横原線と交わる点を求めれば，これが (d_1+d_2) となる。

4層の特性を示す曲線にこの方法を適用するには，従来の方法と同様に，上に述べた手順を繰り返せばよい。ただし，この場合は前に得られた等価層を第1層とみなしこの層の比抵抗と厚さとはそれぞれ ρ_e と d_e であるとすればよい。もし，第1層が薄ければ，第1層と第2層とからなる等価層を，あらかじめ仮定して（あるいは，第1層を無視して）上の方法を実施してもさしつかえないであろう。

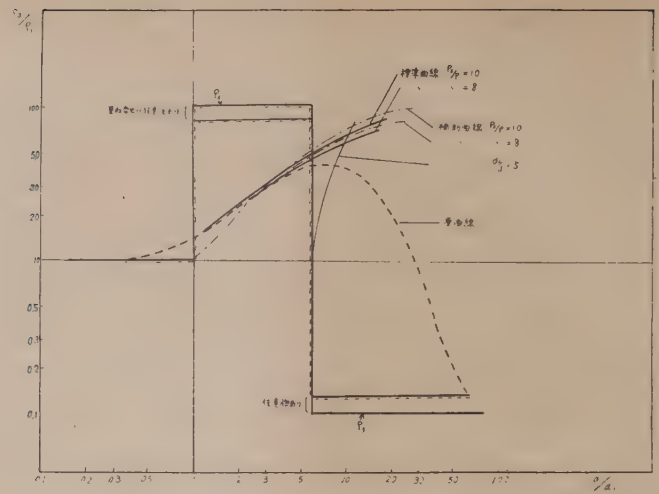
たゞ4層以上にこの方法を適用する場合は吟味を要する。一般的には器械的にこの方法を適用したのでは誤差が大きい。4層の場合実用にたえるには，第2層と第3層の相対厚度の大きい場合である。それは第2層が薄ければ，その特性を表わさないうちに，第3層もしくはそれ以下の層の影響が加わつてくるからである。このことは従来の方法でも同じことがいいうるが，この方法の方がそれでも誤差が小さいようである。

なお，(3)から得られる等価層の比抵抗および厚さを，前に述べた手順によつて求めた各層の比抵抗と厚さを用いて計算することができる。こうして，4層の場合の吟味に利用することができるであろう。また，すでに発表されている4層曲線を測定曲線と見立てて解析した結果から，誤差の傾向が得られるならば多少の補正を行なうこともできるであろう。あるいはこのようにして得られた比抵抗分布を既知として，理論曲線を作製し，実測曲線と比較することもできる。理論曲線の計算は，電子計算機でもなければ一般には長時間を要するが Flathe[1)] の方法，あるいは Koefoed[4)] の方法によつてかなり簡単となつた。

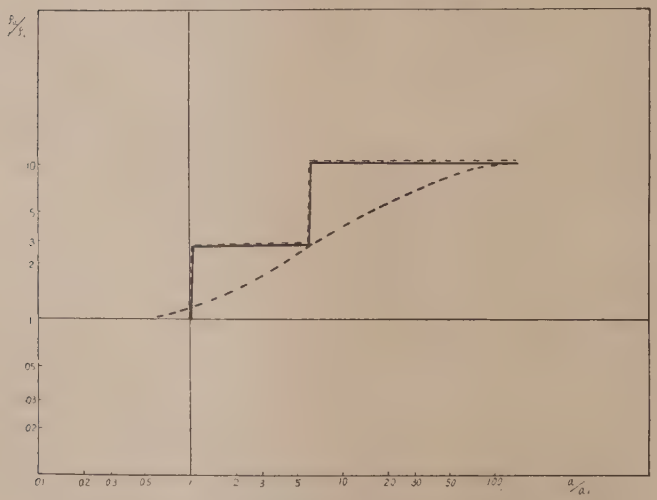
4. 解析の実例

実際の解析例を第2～4図に示した。これはいずれも Mooney and Wetzel[5)] の曲線集から選ばれたものを測定曲線とみなして解析したものである。第2図と第3図とは，3層の場合で前者は $\rho_1<\rho_2>\rho_3$，後者は $\rho_1<\rho_2<\rho_3$ の場合を示す。いずれも比較的よい結果が得ら

註2) 岩津潤ら(1952)は，Sundberg の標準曲線に誤りのあるのを発見し，再計算している。また，清野武(1952)はさらに補足して数表を発表している。以下 Sundberg 標準曲線と呼ぶのはこの改訂曲線である。なお Sundberg の標準曲線は，ρ_2/ρ_1 をパラメータとしているが，Roman の標準曲線は $(\rho_3-\rho_1)/\rho_2+\rho_1=k_1$ をパラメータとしている。



第 2 図 解 析 例 (1) $\rho_1<\rho_2>\rho_3$ の場合



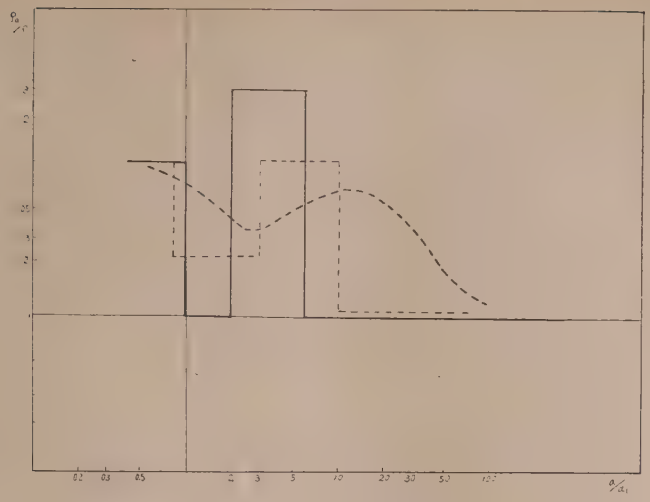
第 3 図 解 析 例 (2) $\rho_1<\rho_2<\rho_3$ の場合

れていることがわかる。従来の方法に従えば，はるかに深く判定しすぎる傾向があることが認められる。こゝにはあげなかつた $\rho_1>\rho_2<\rho_3$ の場合は，両方法とも大体一致した結果が得られたが，これは前の考察で明らかなように当然のことである。従来，標準曲線法による解析結果が深目にでる傾向がみられたが，少なくとも，この方法によつてその原因の一部はとり除かれるであろう。

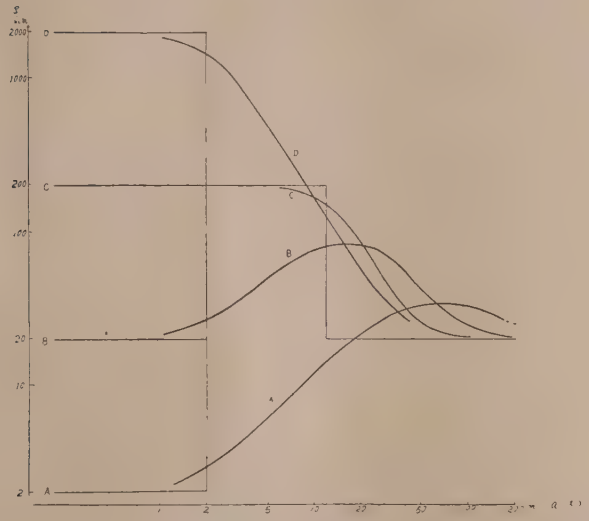
第 4 図は第 3 層が比較的薄い場合の例である。この場合は第 2 層も必ずしも厚いとはいえない。この方法をもつてしてもまだ大きな誤差を生じている。適当な厚さを有する場合の例を示したいと思つていたのであるが，Mooney 等の曲線集では得ることができなかつたので，この報告では 4 層の場合の解析精度を論じるには至らなかつたけれども，例にあげた薄層の問題は原理的に考えて解析上最も難しい問題に属する。この解析法の原理になつている等価抵抗の概念が，この場合逆に判定に任意性を与えて，精度を悪くしているのはいさゝか皮肉である。

5. 解析精度について

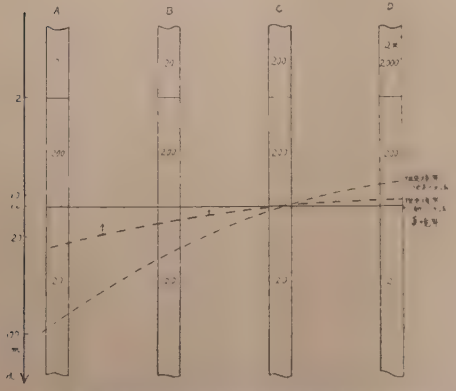
第 5 図および第 6 図に，従来の方法と新しい方法とで解析した場合の，誤差の程度を知る例が図示されている。第 5 図は第 2 層および第 3 層が同じで，第 1 層のみ比抵抗が異なる場合の比抵抗曲線の 1 例である。第 1 層の比抵抗が，2 Ω-m から 2,000 Ω-m まで変化している場合である。これらの曲線を解析した結果が第 6 図に示



第4図 解析例(3) 4層の場合



第5図 表層の比抵抗が異なる場合の比抵抗曲線



第6図 表層が異なる場合の探査境界の深度の変動の例

されている。第1層と第2層の境界は,いずれも誤差なく求められている(実際の測定曲線でないことにもよる)。しかるに第1層の比抵抗の差異が,第2層と第3層との境界の決定に大きな影響をもつ。Cは2層であつて,かなり正確に求められるが,Aの場合には前の方法では7倍以上厚く判定しているのに対し,新しい方法では約2倍となつている。第1層と第2層の比抵抗の比が,10～$^1/_{10}$ 程度の範囲であれば,この程度の厚さのときは精度よく求められるといえよう。矢印で示したのは,この場合 ρ_2/ρ_1 を小さく($\rho_2/\rho_1>1$ の場合)もしくは大きく($\rho_2/\rho_1<1$ の場合)判定しがちであるので,これを考慮に入れて,ρ_2/ρ_1 を決定すると実際に近づく。このことは実際に利用されてよいことであろう。

6. 結　言

従来,多層構造の解析法の改良が叫ばれながら,実際には適当な方法が案出されるに至らなかつた。その結果経験法に追いやつてしまつた。この報告は,正当な理論的根拠も有し,この面での解析法の研究に若干なりとも貢献しうると信じている。また,少なくとも Wenner 法では3層の標準曲線法が完成していないこんにち,直ちに現場に応用できると思われる。筆者は,この方法を主とし,3層曲線を補助として,伊豆大島における電気探査の測定曲線を解析してみたが,かなり良好な結果を得た。蛇足ではあるが,この方法によつて精度よく解析を行なうためには,電極間隔を推定境界の3倍以上とる必要がある。

(昭和33年9月稿)

文　献

1) Flathe, H.: A Practical Method of Calculating Geoelectrical Model Graphs for Horizontally Stratified Media, Geophysical Prospecting, Vol. 3, 1955
2) 岩津　潤・大築志夫：ズンドベルグ氏の ρ-a 標準曲線の改訂，物理探鉱，Vol. 5, 1952
3) 清野　武：電気探鉱学，III, 1955
4) Koefoed, O.: Resistivity Curves for a Conducting Layer of Finite Thickness Embedded in a Otherwise Homogeneous and Less Conducting Earth, Geophysical Prospecting, Vol. 3, 1955
5) Mooney & Wetzel: The Potentials about a Point Electrode and Apparent Resistivity Curves for a Two-, Three-, and Four-Layer Earth, Univ. Minnesota Press, 1956
6) Muskat, M.: Potential Distribution about an Electrode on the Surface of the Earth, Physics, Vol. 4, 1933
7) 小野吉彦：成層構造の比抵抗探査について，地質調査所月報，Vol. 9, No. 6, 1958

663.6 : 551.48/.49 : (521.23+521.24)

渡良瀬川流域工業用水源調査報告
——関東西部地域調査第10報——

尾崎次男* 岸 和男*

Areal Investigation for Industrial Water Supply in Watarase Area, Gumma and Tochigi Prefectures

by
Tsugio Ozaki & Kazuo Kishi

Abstract

In this area belonging to the lower reach of the Watarase river, the ground water and the underground-flow of 200,000 m³ are utilized in a day for public water supply and industry.

Results of the investigation are as follows :

1. The measurement on the discharge of stream in low water period shows the influential seepage of the Watarase river to amount to 90,000 m³ per day between Kiryū city and Ashikaga city.

2. The running water of the Akiyama river and Hata river, tributaries of the Watarase river, wholly disappears into the river-floor at the middle part of streams, but reappears as springs from the riversides and river-floor at the lower part. The quantities of these springs amount to 400,000 m³ per day.

3. In the lower reaches of Watarase river basin including the eastern part of Tatebayashi city and the southeastern part of Sano city, confined artesian water is affluent and the quality of ground water is also excellent.

The ground water in this area are very hopeful for the industrial water.

要 旨

1) この報告は関東西部地域工業用水源調査の一環として，利根川水系渡良瀬川流域の一部について行なつた水文調査の結果を記載している。

2) 群馬・栃木両県の県境にあたる渡良瀬川・矢場川沿岸の沖積平野部一円にわたつて，井戸の水位，水温および水比抵抗を測定し，地下水の流動状態，供給源を異にする地下水の分布を明らかにした。

3) 渡良瀬川およびその支流，用水などについて，表流の縦断方向の流量変化を測定し，地下水供給量の一端を明らかにした。

4) これらの調査結果から渡良瀬川では，支流桐生川の合流点から足利市借宿地先までに，90,000 m³/day 以上の表流が，伏流あるいは地下水に転化していることが判明した。

5) 富田村奥戸地先から下流部における渡良瀬川表流は，両岸流域からの地下水によつて涵養され，増加する傾向を示している

6 旗川・秋山川の下流流域には，深度 10～25 m で水比抵抗 10,000 Ω-cm を示す良質な被圧面地下水が分布している。これは南方に向かつて深層に拡がつている。

7) 渡良瀬川・矢場川流域では，上流部においては自由面地下水が，下流部においては被圧面地下水が，それぞれその開発利用を期待することができる。

* 地質部

1. まえがき

群馬県の東部および栃木県の西部にわたる渡良瀬川の流域には，古くから機業地として知られている桐生市・足利市などがあり，さらに流域の周縁に太田市・館林市・佐野市などの新興都市を擁し，これらの都市には，紡績・繊維・製紙・染色・機械・化学工業などのほか各種にわたつた大小工場群があつて，もつぱら地下水が工業用水に利用されている。

これらの諸都市を含む，渡良瀬川流域内にある 5,000 m³/day 以上の用水型工場は，現在数工場にすぎないが，両毛線および東武線に沿つて今後開発が期待される工場適地があり，内陸工業地帯として相当規模の工業地帯となる可能性がある。したがつてこの地域の地下水の分布

および地下水供給量の規模の大小を，前もつて明らかにしておくことは，工業用の水源を開発利用するうえにきわめて重要なことである。

本報告は，関東西部地域工業用水源調査の一環として渡良瀬川流域の一部について行なつた，水理および水文調査の結果を記したものであつて，同地域の地下水の流動状態および地下水供給源の一端を量的に明らかにしたものである。

なお本調査中に種々お世話になつた栃木県商工労働部・足利市役所・佐野市役所および富田村役場関係各位に厚く感謝の意を表する。

2. 調査の方法および規模

2.1 調査の方法

河川について，その水位が比較的安定している冬季の低水時を選び，ある地点の上流側，下流側およびこの区間に流入する支流，取水される用水などの流量を，できうる限り近似した測定条件のもとに，同時流量測定を行なうときには，それらの流出入する水量を差引いて求められた，上下2断面間の流量差は，その区間の伏没水量あるいは涵養水量を示すものと考えられる。したがつてこのような流量同時測定を，河川の下流側から上流側に向かい，あるいは上流側から下流側に向かつて順次に繰り返して行なつてゆくときには，河川縦断方向の表流流量の量的変化が求められることになる。

地質調査所では，すでに各地の河川についてこの種の調査を行なつてきたが，こゝでは利根川水系渡良瀬川についてこの調査を行なつたのである。また沿岸ならびに流域の地下水調査については，流量測定と併行して，主として自由面地下水の水位，水温および水比抵抗などの測定を行なつた。

2.2 測定器械

これらの調査に使用した機械およびその性能は下記の通りである。

プライス型電音流速計

No. 174　　$V=0.684N+0.039$

No. 195　　$V=0.674N+0.037$

V：流速（m/sec）

N：1秒間に要する回転数

水比抵抗測定器　　コオラウシュ・ブリッジ

2.3 調査の規模

調査範囲

第1図に示す群馬県東部および栃木県西部の一部，面積約 265 km²，（5万分の1地形図，桐生および足利・深谷・栃木・古河参照）

（条線部は実際調査範囲）

第1図 調査範囲

調査期間

昭和33年12月1日～13日

調査の実績

地下水調査	水位および水温測定井戸数	375カ所
	水比抵抗測定井戸数	375カ所
流量測定断面数	渡良瀬川	26
	矢場川	6
	秋山川	4
	旗川	4

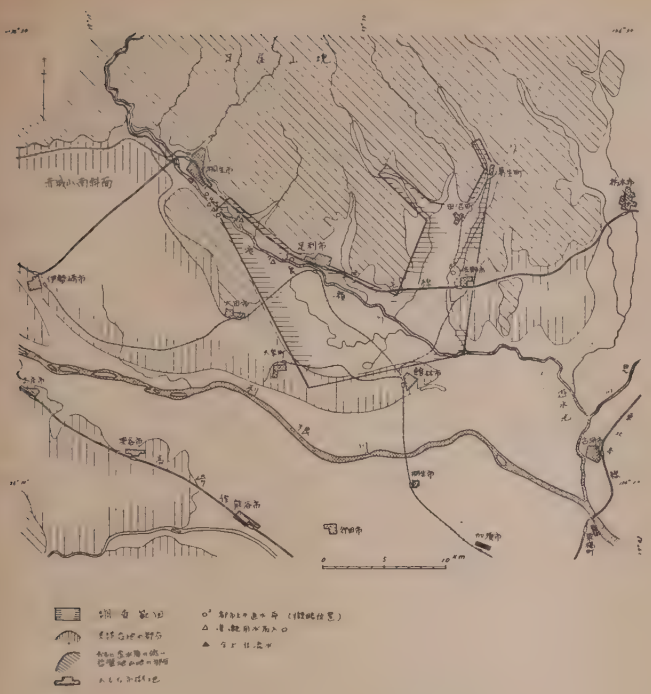
3. 調査範囲の渡良瀬川の概観

3.1 河川規模

利根川の支流渡良瀬川は，その源を足尾山塊（主峰皇海山，標高 2,144 m）に発し，これらの地層を経過して南西に向かい，赤城山の東方山麓にあたる神梅附近で流路を南東に転じ，藤岡町東方の遊水池で思川を合し，南流して古河市南方で利根川に合流している。本流の流路延長は 90 km 余，藤岡町より上流の流域面積は 1,270 km² となつている。渡良瀬川のおもな支流である桐生川・旗川・秋山川などは，いずれも左岸流域に含まれており，その面積は右岸流域面積のおよそ2.5倍にあたつている。渡良瀬川は，桐生市北西部で山地を脱し，冲積平野を流下するに従がい，流路は分岐し川幅を広め，桐生市浜京地先では 400 m 以上の川幅になつている。河床はおゝむね礫が大部分であるが，下流に至るに従がい漸次その径が小となり，岩井地先から下流の河床は礫に変つて砂および泥が多くなつている。なお足利市借宿附近では，大規模な砂利採取が行なわれている。

支流旗川および秋山川の流域の冲積平野では，砂礫層が厚く分布しており，また地下水位が深いので，中流部では水無川となつている。

しかし下流部では河道に流水がみられ，また両川に挟



1　桐生市上水道水源(伏流)
2　太田市水道水源(伏流)
3　足利市上水道水源(伏流)
4　毛里田用水
5　毛里田用水(伏流)
6　柳原用水(伏流)
7　御厨用水(伏流)
8　佐野市上水道水源(伏流)

第2図　工業用水源調査要図

まれる沖積低地には，大小の湧水地点があつて，才川・菊沢川などの水源となつている。両川の河床は下流部に至つても，礫が大部分を占めている。

3.2　調査範囲における水分布と水利用

地表水　この地域には，まず本流渡良瀬川のほかに，支流桐生川・松田川・旗川・秋山川・矢場川のほかさらに多数の用水があつて，表流の利用がきわめて容易であるようにみえる。しかしながら渡良瀬川上流には足尾鉱山があり，鉱山鑛液を放流する関係上，水質の面で制約を受け，また表流の取水についても河床低下に伴なう流路の変遷などによつて，必ずしも容易でない。したがつて表流の利用は渡良瀬川本流よりも，むしろ支流群に向けられており，桐生川・松田川などには多数の用水取入口があつてかんがい用に供されている。さらに旗川・秋山川などの表流は，この地域の地下水位が低いために，田沼町北部附近では河床下あるいは河畔に伏没してしまい，はるか上流の表流を導いてかんがい用に供している状況である。渡良瀬川の旧河道と考えられる矢場川の表流は，両岸に密に発達する用水の余水と，浅層地下水によつて涵養される排水河川となつている。

以上のように表流の利用はかんがい用に高度に利用されており，水利権の問題が解消しない限り表流の他目的への利用は期待できない。

地下水　調査地域内では，深度 5.0 m 以内で容易に自由面地下水が得られ，一般民家の飲料用に供せられるほか，工業用水源として利用されている。足利市には興国化学 K.K.・東興製紙 K.K.・大日本紡績 K.K. などの工場を含む8工場で，15,000 m³/day 強の地下水を利用しており，このうち東興製紙 K.K. は井戸数5本で 6,000 m³/day を得ている。これらの工場井戸はおゝむね深度 3～7 m の井戸であつて，おもに渡良瀬川の伏流水を揚水している。これら工場のうち，東洋ナイロン撚紙加工 K.K. には，深度 60～90 m の深井戸が5本掘られている。しかし，そのさく井資料によると，帯水層の深度はおもに 10～25 m 間に分布しており，5号井の 65～74 m 間の砂礫層一枚を除けば 30 m 以深は古生層の基盤岩中にあるため，ほとんど利用の対象になるような帯水層はみあたらないということになる。

旗川および秋山川下流流域には，被圧面地下水が一円に分布しており，佐野市村上・君田附近では深度 10～25 m の被圧面地下水が飲料用および工業用水にそれぞれ利用されている。佐野市堀米町にある蘇東興業 K.K.佐野工場では，深度 25 m および 45 m の2本の深井戸で 1,000 m³/day の被圧面地下水を得ているが，これらの井戸の収水深度は 13～19 m, 21～24 m および 11～20 m, 21～24 m となつており，2層の帯水層が認められる。堀米朱雀町にある東武鉄道堀米変電所のさく井資料によれば，深度 51.81 m で基盤に達するまで砂礫および粘土交り砂礫の累層となつている。

館林市街の東西に連なる洪積層の低位段丘には，水比抵抗 10,000 Ω-cm 以上を示す自由面地下水があり，さらに旗川・秋山川の南方にあたる館林市東縁部には，被圧面地下水の利用が期待できる。

足利市借宿附近より上流部の渡良瀬川の河畔では，桐生市・太田市・足利市などの上水道および新田用水・毛里田用水・御厨用水・柳原用水などの水源として伏流水が埋管によつて集水されている。これらの集水量の合計は 2 m³/day 以上に達しており，渡良瀬川の伏流は高度に利用されている。

4.　地下水理の大要

支流桐生川の合流点より下流，支流才川合流点までの

第 3 図 渡良瀬川流域の水理地質調査要図

約 22 km にわたる範囲内の渡良瀬川，さらに右岸は太田市および館林市の一部および矢場川流域を含む 110 km² の範囲について，375 カ所の地下水位，地下水温ならびに水比抵抗を測定した。そのうち，水温および水比抵抗をとりまとめたのが第 3 図である。

なお地下水位の測定結果から，5 万分の 1 地形図に地下水位等高線を作成することは，各井戸の高度判読が困難なため，こゝでは省略した。これらの調査結果からみると，渡良瀬川低地，太田市および館林市の低位段丘地帯，旗川および秋山川流域の 3 地域にはそれぞれ異なつた地下水の分布が認められる。いまこれら各地域の地下水理の概略を示すと次のようになる。

4.1 渡良瀬川—矢場川低地

支流桐生川合流点より下流，矢場川合流点より上流にわたる渡良瀬川および矢場川流域の自由面地下水位の水位は，地表下 4.96 m から 0.60 m まで，その水温は 20°C から 12°C までの範囲にわたつている。このうち地下水位は，渡良瀬川の狭窄部にあたる借宿附近より上流の一帯および右岸附近では，水位が概して深い。しかし借宿附近より下流に至るに従がい漸次水位が浅くなる

傾向がある。これら水位の浅い井戸には，鉄分が多量に認められたり，あるいは白く濁つていて水質の面で悪条件にある。

この地域の水比抵抗の測定結果から，借宿附近より上流部の渡良瀬川沿いでは，表流が河道あるいは河畔に伏没し，河道に沿つて限られた幅の透水帯を形成している。とくに右岸にあたる清水・市場附近では渡良瀬川表流の供給を受ける有力な地下水透水帯が認められ，矢場川の両岸に沿つて南南東に向かい，矢場川村本矢場および御厨町百頭附近までは活発に流動している。しかしこの附近を境にして，下流では地下水の流動は著しく緩慢になつている。さらに借宿左岸では足利市内に向かう小規模な透水帯が認められるが，借宿より下流の渡良瀬川沿いでは，表流が伏没して地下水透水帯をなしているところは認められない。

4.2 旗川・秋山川下流流域

渡良瀬川の支流である旗川・秋山川の流域低地では，礫層が厚く分布しているため，田沼町渥戸・栃本附近では，すでに両川とも表流が伏没し，水無川となつている。しかしながら下流に至るに従がい，河道には流水が，また両川に挟まれる低地には湧水が認められ，才川・菊沢川などの水源になつている。旗川下流流域の自由面地下水の水位は，3.25 m から 0.80 m の範囲にあり，水温は 14°C 以下を示す井戸が多い。

またその水比抵抗は，村上附近および高橋の一部では 8,000 Ω-cm を示しており，渡良瀬川—矢場川低地における水比抵抗値と明らかに異なつている。地下水の流動については，この地域についてまだ充分な調査がなされていないので明らかでないが，水温ならびに水比抵抗の調査から判断すると，南方に向かつて非常に活発に流動していることが指摘できる。さらにこの地域の下流一円にわたつて，深度 25 m で水比抵抗 10,000 Ω-cm を示す被圧面地下水が分布している。これら深井戸の帯水層は 10 m から 25 m までに 2 層認められ，その深度は南南東に向かつてさらに増加する傾向がある。

この被圧面地下水の供給源は，旗川および秋山川の表流およびその背面山地，雨水によるものと考えられ，水質および量ともにすぐれているので，今後の開発・利用が大いに期待できる。

4.3 館林市西方地域

渡良瀬川と利根川との間には，赤城山麓南斜面の延長と考えられる洪積層の低位段丘が，細長く館林市街地の東方にまで連なつている。この台地の自由面地下水の水位は，ほゞ 2 m 前後であり，その水温は 15°C のものが多い。この自由面地下水の水比抵抗は，10,000 Ω-cm 以上を示しており，前述した他の地域の水比抵抗に比較して著しく高くなつている。したがつてこの台地の自由面地下水は，他の地域のそれと異なつた供給源をもつているものと考えられる。この台地はローム層に覆われ，その頂部は平坦で，畑やかん木林が点在しており，天水の浸透にはかなり有利な状態になつている。なお館林市の東方，旗川・秋山川両川の南方にあたる地域では，被圧面地下水の開発・利用が期待できる。

5. 渡良瀬川下流流域の水文

5.1 表流流量の縦断方向における変化

渡良瀬川およびその支流・用水などについて，冬季の渇水期を選んで河川縦断方向の流量変化を調査した結果が，第 1 表および第 2 表にまとめてある。

流量測定結果を解説すると次のようになる。

1) 桐生市浜京地先から坂西町葉廉地先までの約 3.0 km の区間には，左岸支流桐生川の流入があるが，これらの流量を差引くと下流側までに，上流側流量の 15.8 %に相当する 1.775 m³/sec の表流の伏没が認められる。しかしこの伏没量の一部は左岸葉廉附近の河川敷にある柳原用水源（伏流 0.400 m³/sec）として取水されている。

2) 葉廉地先から足利市本宿までの約 3.0 km の区間には，左岸支流松田川の流入があるが，差引き下流側までに，上流側流量の 7.1 %に相当する 0.861 m/sec の表流の伏没が認められる。

3) 本宿地先から借宿地先までの約 3.0 km の区間には，左岸に排水の流入があるが，差引き下流側までに上流側流量の 5.8 %に相当する 0.520 m³/sec の増加が認められる。この区間には，右岸に御厨用水の伏流水源があつて 0.484 m³/sec を取水しているから，この量を見込めば下流側までの増加はさらに増大する。この増加のおもな理由は，下流側での砂礫採取に伴なつて水位の低下を招来し，上流における伏没量が表流に還元する，そのためと考えられる。

4) 借宿地先から岩井地先までの約 4.0 km の区間には，両岸より用水・排水などの流入があるが，差引き下流側までに上流側流量の 8.1 %にあたる 1.005 m³/sec の伏没量が認められる。この伏没量は地下水調査の結果によれば，右岸にあたる借宿附近から渡良瀬川低地に向かう地下水透水帯，さらに左岸では足利市街地に向かう透水帯にそれぞれ浸透するものと考えられる。

5) 岩井地先から川崎地先まで，川崎地先から奥戸地先までの区間では，下流側までにそれぞれ上流側流量の 1.7 %および 3.3 %にあたる 0.171 m³/sec および 0.435 の伏没量が認められる。地下水調査結果からこの区間流

第1表　渡良瀬川流量測定結果

番号	本路名	測定場所	測定年月日	天候	測定流量 (m³/sec)	水面幅 (m)	最大深 (m)	断面積 (m²)	河床	両岸の状況 左岸	両岸の状況 右岸
1	渡良瀬川	桐生市浜京	33.12.10	晴	2.010	16.00	0.50	4.860	礫，砂	高水敷	高水敷
1	渡良瀬川	浜京	12.10	〃	8.106	14.80	0.73	6.492	礫，砂	堤防	〃
支1	桐生川	足利郡坂西町小俣	12.10	〃	1.143	9.20	0.43	2.060	砂，礫	高水敷	〃
2	渡良瀬川	〃 葉廉	12.10	〃	9.484	28.00	0.50	10.615	礫，砂	〃	〃
用1	柳原用水	〃 葉廉	12.10	〃	0.400	3.50	0.36	1.070	礫，砂	コンクリート護岸	コンクリート護岸
2	渡良瀬川	〃 葉廉	12. 9	〃	11.565	28.45	0.50	11.610	礫，砂	高水敷	高水敷
支2	松田川	〃 葉廉	12. 9	〃	0.504	5.00	0.35	0.990	礫，砂	堤防	堤防
支3	左岸排水	足利市本宿	12. 9	〃	0.127	2.00	0.55	1.040	砂，泥	〃	〃
3	渡良瀬川	〃	12. 9	〃	11.208	51.00	0.53	17.270	礫，砂	高水敷	高水敷
3	渡良瀬川	〃	12. 9	〃	8.772	50.50	0.46	14.520	礫，砂	〃	〃
4	渡良瀬川	足利市借宿	12. 9	〃	9.419	32.00	0.69	12.540	礫，砂	〃	〃
4	渡良瀬川	〃	12. 8	曇	11.675	33.00	0.70	13.950	礫，砂	〃	〃
支4	御厨用水	〃	12. 8	〃	0.464	1.50	0.59	0.794	礫，砂	コンクリート護岸	コンクリート護岸
支5	左岸排水	〃	12. 8	〃	0.249	3.70	0.21	0.505	砂，礫	堤防	堤防
5	渡良瀬川	足利市岩井	12. 8	〃	11.383	64.00	0.63	25.160	砂，礫	高水敷	高水敷
5	渡良瀬川	〃	12. 8	〃	10.303	64.00	0.62	24.030	砂，礫	〃	〃
6	渡良瀬川	足利市川崎	12. 8	〃	10.132	40.00	0.49	15.820	砂，礫	〃	〃
6	渡良瀬川	〃	12. 7	晴	12.038	40.00	0.53	17.310	砂，礫	〃	〃
支6	左岸支流	〃	12. 7	〃	0.951	13.00	0.30	3.161	砂，礫	堤防	堤防
7	渡良瀬川	足利郡富田村奥戸	12. 7	〃	12.554	55.00	0.63	23.860	砂，礫	高水敷	高水敷
支7	旗川	〃	12. 7	〃	1.268	9.40	0.46	2.700	砂，礫	堤防	堤防
7	渡良瀬川	〃	12. 6	〃	11.028	55.00	0.63	22.900	砂，礫	高水敷	高水敷
8	渡良瀬川	佐野市高橋	12. 6	〃	13.010	51.00	0.95	27.810	砂，礫	〃	〃
8	渡良瀬川	〃	12. 5	〃	14.488	51.00	1.00	29.080	砂，礫	〃	〃
8	渡良瀬川	〃	12. 5	〃	14.421	51.00	0.99	28.090	砂，礫	〃	〃
支8	左岸排水	佐野市下羽田	12. 5	〃	0.181	3.00	0.47	0.820	砂，泥	堤防	堤防
支9	矢場川	館林市下早川田	12. 5	〃	2.026	15.00	0.42	3.675	砂，礫	高水敷	高水敷
支10	支川	佐野市上	12. 5	〃	1.175	12.00	0.31	3.050	砂，礫	堤防	〃
9	渡良瀬川	〃	12. 5	〃	16.521	52.80	1.75	28.380	砂	高水敷	〃
9	渡良瀬川	〃	12. 5	〃	16.963	52.80	1.85	30.110	砂	〃	〃
9	渡良瀬川	〃	33.12. 4	〃	18.571	53.70	1.80	29.880	砂	〃	〃
9	渡良瀬川	〃	12. 4	〃	18.223	53.70	1.74	29.730	砂	〃	〃
支11	菊沢川	佐野市船津川	12. 4	〃	0.569	3.50	0.70	1.695	砂，礫	堤防	堤防
支12	秋山川	〃	12. 4	〃	1.638	8.20	0.45	2.403	砂，礫	〃	〃
10	渡良瀬川	邑楽郡板倉町上新田	12. 4	〃	22.745	52.80	1.03	35.470	砂	高水敷	高水敷
10	渡良瀬川	〃	12. 4	〃	22.528	52.80	1.00	38.940	砂	〃	〃
13	毛里田用水	桐生市広沢町6丁目	33.12.12	〃	0.671	4.35	0.24	0.791	礫，砂	練石積護岸	練石積護岸
14		太田市新島	12.12	〃	0.004	3.10	0.45		泥	コンクリート護岸	コンクリート護岸
15		太田市八重塚	12.12	〃	0.014	0.60	0.11	0.059	砂，礫	堤防	堤防
16	矢場川	館林市日向	12.12	〃	1.247	6.50	0.75	3.324	砂，礫	〃	〃
17	用水	足利郡御厨町瑞穂野	12.12	〃	0.164	4.00	0.22	0.620	砂，礫	〃	〃
	御厨用水	山田郡毛里田村市場	12.12	〃	0.484	3.92	0.32	1.180	砂，礫	コンクリート護岸	コンクリート護岸
1	秋山川	安蘇郡葛生町下牧	33.12.11	〃	0.219	5.50	0.31	1.049	礫，砂	堤防	岩盤
2	秋山川	葛生町田名網	12.11	〃	0.145	5.00	0.20	0.530	礫，砂	〃	〃
3	秋山川	佐野市菊川	12.11	〃	0.258	5.05	0.21	0.674	礫，砂	〃	堤防
4	秋山川	佐野市両毛線鉄橋下流	12.11	〃	1.231	9.00	0.45	1.925	礫，砂	〃	〃
1	旗川	佐野市小中	12.11	〃	0.287	6.30	0.21	0.885	礫，砂	〃	〃
		〃	12.11	〃	0.007	0.70	0.08	0.036	礫，砂	〃	〃
		〃	12.11	〃	0.018	1.00	0.10	0.070	礫，砂	〃	〃
2	旗川	佐野市市街道	12.11	〃	0.265	7.30	0.22	1.035	礫，砂	〃	〃

第2表　渡良瀬川表流流量縦断方向の増減

番号	水路名	測定場所	測定年月日	流量 (m³/sec)	流量差註1) 増 (m³/sec)	流量差註1) 減 (m³/sec)	上流側断面流量に対する流量差の百分率註2) (%)	備考
1	渡良瀬川	桐生市浜京地先	33.12.10	2.010				
1	渡良瀬川	〃	12.10	8.106				この区間に柳原用水(伏流) 0.400 m³/sec の取水あり
支1	桐生川	足利郡板西町小俣	12.10	1.143				
						1.775	15.8	
2	渡良瀬川	足利郡板西町葉廉地先	12.10	9.484				
2	渡良瀬川	〃	12. 9	11.565				
支2	松田川	〃	12. 9	0.504				
						0.861	7.1	
3	渡良瀬川	足利市本宿地先	12. 9	11.208				
3	渡良瀬川	〃	12. 9	8.772				この区間に御厨用水(伏流)0.484 m³/sec および足利市上水道水源(伏流)0.230m³/sec の取水あり
支3	左岸排水	〃	12. 9	0.127				
					0.520		5.8	
4	渡良瀬川	足利市借宿地先	12. 9	9.419				
4	渡良瀬川	〃	12. 8	11.675				
支4	御厨用水	〃	12. 8	0.464				
支5	左岸排水	〃	12. 8	0.249				
						1.005	8.1	
5	渡良瀬川	足利市岩井地先	12. 8	11.383				
5	渡良瀬川	〃	12. 8	10.303				
						0.171	1.7	
6	渡良瀬川	〃　川崎地先	12. 8	10.132				
6	渡良瀬川	〃	12. 7	12.038				
支6	左岸支流	〃	12. 7	0.951				
						0.435	3.3	
7	渡良瀬川	足利郡富田村奥戸地先	12. 7	12.554				
7	渡良瀬川	〃	12. 6	11.028				
支7	旗川	〃		1.268				
					0.714		5.8	
8	渡良瀬川	佐野市高橋地先	12. 6	13.010				
8	渡良瀬川	〃	12. 5	14.488				
支8	左岸排水	〃　下羽田地先	12. 5	0.181				
支9	矢場川	館林市下早川田地先	12. 5	2.026				
						0.174	1.0	
9	渡良瀬川	佐野市船津川地先	12. 5	16.521				
9	渡良瀬川	〃	12. 4	18.571				
支10	支川	〃　上地先	12. 5	1.175				
支11	菊沢川	〃　船津川地先	12. 4	0.569				
支12	秋山川	〃	12. 4	1.638				
					0.792		3.6	
10	渡良瀬川	邑楽郡板倉町上新田地先	12. 4	22.745				
13	毛里田用水	桐生市広沢町6丁目	12.12	0.671				
					0.758			
14	用水	太田市新島地先	12.12	0.004				
15	用水	太田市八重笠地先	12.12	0.014				
16	矢場川	館林市日向地先	12.12	1.247				
17	用水	足利郡御厨町瑞穂野	12.12	0.164				
1	秋山川	安蘇郡葛生町下牧地先	12.11	0.219				
						0.074	33.8	
2	秋山川	〃　葛生町田名網地先	12.11	0.145				
					0.113		78.0	
3	秋山川	佐野市菊川地先	12.11	0.258				この区間に右岸支流の流入あり
4	秋山川	佐野市両毛線鉄橋下流	12.11	1.231				
1	旗川	佐野市小中地先	12.11	0.312				
						0.047	15.1	
2	旗川	佐野市市街道地先	12.11	0.265				

註1)　$\pm Jq = \{Q_2 - (Q_1 + Q_3)\}$

Jq：流量差　＋のとき増　－のとき減

Q₂：下流側断面流量　Q₁：上流側断面流量

Q₃：この断面区間に流入(＋)，あるいは流出(－)する，支流，用水などの流量

註2)　$\frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \times 100$

域では，表流が伏没し地下水に転化している傾向は認められないから，これらの伏没量は河床下あるいは河道の浅層部に浸透するものと考えられる。

6) 奥戸地先から高橋地先まで約 2.5 km の区間には，左岸支流旗川の流入があるが，差引き下流側までに上流側流量の 5.8 %にあたる 0.714 m³/sec の増加を示している。

7) 高橋地先から船津川地先まで約 2.5 km の区間には，両岸より矢場川および排水の流入があるが，差引き下流側までに上流側流量の 1.0 %にあたる 0.174 m³/sec の伏没量が認められる。

8 船津川地先から上新田地先まで約 3.0 km の区間には，左岸支流才川・菊沢川・秋山川などの流入があるが，差引き下流側までに上流側流量の 3.6 % にあたる 0.792 m³/sec の増加が認められる。

9) 支流秋山川では葛生町下牧地先から田名網地先までに上流側流量の 33.8 %にあたる 0.074 m³/sec の伏没量が認められる。

10) 田名網地先から下流では，秋山川の表流はほとんど伏没するが，田沼町吉水附近からは表流に還元する。佐野市菊川地先までに上流側流量の 78.0 %にあたる 0.113 m³/sec の増加が認められる。

11) 菊川地先から両毛線鉄橋下流に至るまでに，右岸流域にある湧水を水源とする支流の流入があり，下流側の流量が著しく増加している。そしてこの下流側の流量は，秋山川および旗川流域よりの地下水湧出量と考えられる。

12) 旗川では支流彦間川および野上川ですでに表流が伏没しているが，佐野市小中附近では表流に還元する。小中地先より寺岡地先に至るまでには，上流側流量の 15.1 %にあたる 0.047 m³/sec の伏没量が認められる。

13) 秋山川および旗川下流流域における諸支流の流量は，上流側における表流の伏没量および地下水の湧出量の合計と考えられ，この量は 4.83 m³/sec となる。

5.2 渡良瀬川低地の表流の流入と流出との関係

渡良瀬川の右岸にあたる桐生市広沢5丁目毛里田村道原には，伏流を水源とする毛里田用水および御厨用水があり，かんがい期には下流の渡良瀬川・矢場川流域——渡良瀬川低地——に密に発達する用水路を通じて，それぞれ利用されるが，非かんがい期には御厨用水は渡良瀬川に，毛里田用水は矢場川にそれぞれ放流している。

冬季の渇水期に渡良瀬川低地について，上流側における表流の流入量および下流側における表流の流出量をそれぞれ測定すれば，これらの差引きから地下水の供給量あるいは地下水の湧出量がわかる。こうして渡良瀬川低地における表流の流量を測定した結果を第2表に示してあるが，流入量と流出量とを差引きすると，流出量が流入量よりも約 0.8 m³/sec 増加している。この増加量は渡良瀬川低地における地下水の一部が湧出したものと考えられる。

6. 調査結果に基づく所見

この報告書に取扱つた範囲内で，地下水の開発・保全についての所見をとりまとめるとおよそ次のようになる。

1) 渡良瀬川の河畔に沿つて，上水道・かんがい用水および工業用水の水源として，すでに 200,000 m³/day に達する伏流水あるいは地下水が開発・利用されているが流量測定結果では浜京—岩井間でさらに 90,000 m³/day 以上の表流が伏没し地下水に転化している。この伏没水は左岸よりも右岸に著しく供給されるものと考えられるから，これらの透水帯にあたる毛里田村八幡前から，三ツ堀附近および市場から高瀬附近では，自由面地下水の開発利用が期待できる。

2) 旗川および秋山川では，表流が上流部で伏没して自由面地下水および被圧面地下水の有力な供給源となつている。このうち自由面地下水は，下流側で河流および湧水となつて地上に現われており，これらの湧出量の合計は 400,000 m³/day に達している。この湧出量は平野部の地下水が平均して湧出するものとすれば，1 km² あたり 6,440 m³/day となる。したがつて容易にこれが開発・利用が考えられるが，この流域では畑地および水田のかんがい用として地下水が利用される関係上，これらの水利権と競合する心配があり，さらに上流側において自由面地下水を開発・利用することは，下流部における被圧面地下水の供給源を涸渇させるもとになるから，これの開発・利用には慎重を期さなければならない。

下流流域の一円には被圧面地下水が分布しており，南南東に向かつて流動している。この被圧面地下水は，量および質ともにすぐれているから，今後は下流部の南南東にあたる館林市東方地域および板倉町を含む地域の調査を行ない，この被圧面地下水の全貌を明らかにすることがとりあえず必要であろう。

3) 全体としてこの地域の地下水利用については，足利市および大泉町を結ぶ線から渡良瀬川上流部においては，おもに自由面地下水が，下流部においては被圧面地下水の利用が可能であるが，工場立地にあたつては質・量はもちろん，用水源の規模を決定するについて，なお地点的精査が必要であろう。(昭和 33 年 12 月調査)

文 献

1) 蔵田延男外2名：中利根工業用水源地域調査報告，地質調査所月報，Vol. 9, No. 12, 1958
2) 栃木県：栃木県の工業用水源，1959

663.6 : 551.49(521.85)

山口県山陽線沿線工業用水源予察調査報告

藏田延男* 高橋稠*

Preliminary Research on the Ground Water for Fabric Industry in Yamaguchi Prefecture

by
Nobuo Kurata & Shigeru Takahashi

Abstract

A preliminary research on the ground water for fabric industry was carried out at the several industrial centers in Yamaguchi prefecture 1958.

In these areas, the surface water as the Kōtō river and the under-flow as the Nishiki river are mainly supplied for fabric industry. But in Hōfu city (on the left bank of the Saba river), Nanyō-chō (on the right bank of the Tonda river) and Iwakuni city (on the delta deposit of the Nishiki river), the ground water is too utilized for the same purpose.

It is necessary to practise the investigation on the conservation of the ground water, for the promotion of the fabric industry in those areas.

要　旨

1)　山口県の山陽本線沿いの工業都市群の巡検により，用水源とくに伏流水源および地下水源についての現地調査を行ない，また工場におけるこれら用水使用の現況を視察し，今後水理的あるいは水理地質的に調査を必要とする点を指摘するようにつとめた。

2)　厚東川の表流によつて給水されている宇部市あるいは小野田市や，錦川の表流を導水してそれによつて必要水量の大半がまかなわれている徳山市，あるいは南陽町の一部を除くと，一般に河床下の伏流の利用がめだつている。防府市における佐波川旧河道沿いあるいは南陽町における富田川右岸の地下水透水帯などは，工業用水源としてそれぞれ重要な存在であり，その保全を考えておくことが必要である。

3)　岩国市においては，工業用水源として錦川のいわゆる伏流が，河川敷に一杯にひろがつた集水暗きよ群によつて利用されているが，その水の大部分は，ほとんど表流に近いものであり，しかもこれらは塩水の遡上，廃水の混入などによつて水質悪化の危険にさらされている。また暗きよの目ずまりが概して早いということも，取水を困難にする一つの原因と考えられる。なお分流門前川沿いには，被圧面地下水が分布しており，工業用に利用できる可能性がある。

4)　一般に冬季の長い渇水に比較して，夏季高温期の渇水が工業用水確保上の障害となつている。このため量と水温低下のための補給水源として，以上の各地の地下水利用のほかに，徳山曹達の貯水池，帝国人造絹糸K.K.岩国工場の29本の海水吸揚用深井戸群などの利用施設が注目される。

5)　小瀬川(広島県側では木野川という)にも伏流利用上の障害があるが，ここでは各工場への用水割振りが一段落しており，工場敷地にも地下水利用の見込みがないので，とりたてて今後調査する必要のある問題点はみあたらない。

1. 緒　言

山口県厚東川以東における山陽線沿いの工業都市群，すなわち宇部・小野田・防府・南陽・徳山・下松・光・岩国・和木の都合7市1町1村と，広島県大竹市とは，いわゆる瀬戸内海沿岸工業地帯の一環として，わが国の工業生産の重要な拠点となつているところである。しかしこのうち，宇部および小野田両市の場合を除くと，そのほかのすべての場合に共通していえることは，その工場地盤が堅硬，緻密質の火成岩，あるいは古生代の古期岩盤でできた山地が海にせまり，その切れ目に薄く堆積した狭隘な沖積平野に位置しているということができる。したがつてこれらの工業地帯における用水源は，主として河川の表流，あるいは表流とあまり区別がつけられないような河床下の伏流に依存して得られているのであるが，それらの水源となる厚東・佐波・富田・切戸・島田・錦・小瀬の諸河川のうち錦川を除くと，河川規模はいずれも小さく取得可能水量は季節的に著しく不安定にならざるをえない。しかもこれらの地区には，ソーダ・繊維・醤

* 地質部

油・合成化学・醱酵・紙ないしパルプなどの大資本の用水型工場が操業中あるいは建設中であり，さらに工場誘致を考慮中の埋立地，塩田跡地などかなりに広大な余裕があるので，既設工場の用水管理状態を明らかにし，その改善を指摘するとともに，地区ごとにその水理および水の利用可能規模を明らかにし，地域全体を通じて今後の用水源開発，保全対策についての見透しをえておくことが，何よりも必要なことと考えられる。

そこで昭和 33 年 10 月 15 日から 28 日に至る期間，これらの地区について予察調査を行ない，水源および用水の実態を観察した。とくに水理的には，表流と伏流の関係，地下水の開発可能規模に留意し，今後どこの地区においてどのような調査を行なう必要があるかという点を指摘した。

この報告はおもにこれらの調査結果と，それから考えられる若干の所見とを記載している。

第 1 図 調査地点の位置関係を示す

調査行動中は終始 Jeep を使用し，現場計測は水温，水比抵抗および一部の水量に限り，観察，聴取りおよび資料の収集に重きをおいたのであるが，短時日でその概要を把握しえたのは，いつに現地関係各位の御協力のたまものと考えられる。とくに熱心に終始御協力いただいた，山口県商工水産部商工課，同土木部砂防利水課，防府・徳山・光および岩国 4 市の関係部局ならびに巡検工場関係各位に厚く御礼を申し述べておく。

(調査地区第 1 図参照，関係地形図 5 万分の 1 船木・宇部・山口・小郡・防府・徳山・室積・岩国および大竹)

2. 厚 東 川 流 域

宇部市および小野田市の都市および産業用水源として，重要な位置を占める厚東川は，流路延長 60 km，集水面積 410 km² 程度の小河川であるが，その中流小野地先に昭和 14 年着工，同 24 年完成の厚東川取水ダム (堤高 65 m，堤長 162 m) があり，3,200 kW の発電を行なつたあと，1.67 m³/sec の水を集め，1,500 mm の導水管 12 km によつて，宇部市黒鳥ポンプ場に導き，こゝから宇部市上水道，宇部興産 K.K. 宇部窒素工場などに給水している。厚東川はこのダムより下流側では，ほとんど排水河川の河況を呈し，両岸に地下水を供給している形跡はほとんどない。

宇部興産 K.K. 宇部窒素工場の末信水源池は，同取水ダムと宇部市街地との中間，厚東川河口から約 8 km のところにあつて，河床下の暗きよによつて取水 (能力 12 m³/min) しているが，常時の Cl^- 含有量 10～12 ppm であるのに対し，おおしお時には 4,000 ppm にも達するという。調査当時も 2,3 日前に Cl^- 1,000 ppm を検出したといい，なお 50 ppm 前後含まれていた。

おそらく厚東川については，こうした塩水遡上の経過と原因とについて事情を明らかにしておくことが，水源保全の面からとりあえず必要なことであろう。

3. 佐 波 川 流 域

流路延長 56 km，集水面積 394 km² の佐波川の下流，沖積低地に防府市がある。左岸に存在する同市市街地の南東三田尻湾に面して，鐘淵紡績 K.K. 防府工場，協和醱酵 K.K. 防府工場および王子ゴム K.K. などがあり，さらに市街地に接して宝酒造 K.K. 防府工場が操業している。このほか市内海岸部には，埋立造成中の土地あるいは廃田を予定されている塩田など，かなり広大な工場適地を擁している。

既設工場・市上水道そのほかの用水源は，佐波川の表流と関連の深い地下水，とくに旧河道と推定される透水帯に沿う部分の地下水に求められており，暗きよにより吞込まれる表流の一部を含め，その利用量は総計約160,000 m³/day に達している。

旧河道沿いの地下水透水帯は，表流の水比抵抗 17,000 Ω-cm 当時，16,000～6,000 Ω-cm/20°C 前後の間にあり鐘淵紡績 K.K. 第 2 水源井群 (3 本)，防府市上水道水源井，自衛隊清水川水源井および防府飛行場内ボーリング孔などにおける水位，あるいは水比抵抗などの測定結果から，その流動経路が概略追跡できる。

一方佐波川表流について，防府市が調査した流量測定資料によると，同市上右田地先で，自流量 10 m³/sec の約 30 % が伏没することになつており，この全部が地下水に転化するものでないとしても，かなり有力な地下水透水帯と考えられる。透水帯の東側，防府市市街地側にはいると，水比抵抗は急激に低下し，透水度もめだつて小さくなるように認められる。協和醱酵 K.K. 防府工場構内の孔径 14 吋，深度 36 m の井戸では，約 1,000 m³/day の揚水に 20 m 以上の水位低下を必要としており，また鐘淵紡績 K.K. 防府工場内の 7 本の深井戸 (深度 60～90

第1表　山口県および一部広島県山陽線沿線工業用水取得現況（1958年当時，ただし No. 1～8 までの分は 1955～56年の調査票調査結果による）

No	地区	工場名	所在地	敷地坪数	河川伏流水	浅井戸	深井戸	河川水	海水	上水	県水（工業用水）	湧水	用水総取得量
1	宇部市	宇部興産K.K.窒素工場	宇部市小串 1,978	86,830	31,600			11,700		2,400			45,700
2	〃	モダン工業K.K.宇部工場	〃 1,978	13,500	（湖水）					1,600			1,600
3	〃	宇部曹達工業K.K.	〃沖宇部 5,253	59,588					52,000	2,830	1,600		56,430
4	〃	中国電力K.K.宇部火力発電所	〃 小串沖ノ山	10,441					152,000	530			152,530
5	〃	宇部化学工業K.K.	〃 小串 1,985							525			525
6	小野田市	日産化学工業K.K.小野田工場	小野田市小野田 6,908	94,445					650	600			1,250
7	〃	小野田セメントK.K.小野田工場	〃 6,276	174,083					50,000	450			50,450
8	下松市	東洋鋼板K.K.下松工場	下松市		4,000								4,000
9	防府市	協和醗酵工場K.K.防府工場	防府市三田尻 1,835	147,000	60,000	2,000							62,000
10	〃	鐘淵紡績K.K.防府工場	〃 三田尻	180,000	70,000	16,800	13,440		90,000				190,240
11	〃	宝酒造K.K.防府工場	〃 三田尻 81	13,500			3,600						3,600
12	南陽町	日本酸素K.K.徳山工場	南陽町富田 928			550							550
13	〃	キリン麦酒K.K.富田工場	〃 4,473	27,000		430							430
14	〃	東洋曹達工業K.K.	〃 4,560	450,000		12,000			72,000		42,000		126,000
15	徳山市	日本精蠟K.K.	徳山市大字大島 850	170,000					700	400		200	1,300
16	〃	徳山曹達K.K.	〃 大字徳山 8,355	155,000				16,800	120,000	400	33,600		170,800
17	〃	出光石油K.K.徳山製油所	徳山市						170,000	2,000	24,000		196,000
18	光市	武田薬品工業K.K.光工場	光市光井武田 4,720	198,000		500/8h				7,000			7,500
19	〃	K.K. 八幡製鉄所	光市							7,500			7,500
20	岩国市	山陽パルプK.K.岩国工場	岩国市室ノ木 2,800	253,000	144,000								144,000
21	〃	帝国人造絹糸K.K.岩国工場	〃 今津 1,995	261,640	53,000		41,200						94,200
22	〃	東洋紡績K.K.岩国人繊工場	〃 海上路 2,388	165,000	70,000		（海水）		140				70,140
23	和木村	日本鉱業K.K.	玖珂郡和木村							700			700
24	〃	三井石油化学工業K.K.岩国工場	〃	95,000					95,000	5,260			100,260
25	〃	日本紙業K.K.芸防工場	〃	36,000	12,000								12,000
26	〃	興亜石油K.K.麻里布製油所	玖珂郡和木村 1,768	153,062					32,000	4,130			36,130
27	広島県大竹市	日本紙業K.K.大竹工場	広島県大竹市小島新開		48,000								48,000
28	〃	三菱レイヨンK.K.大竹工場	〃 小方町	191,500	76,800				27,300				104,100
29	〃	新光アクリル繊維工場	〃 〃		（28より給水）								
30	〃	大竹紙業K.K.	〃 大竹市			10,000				10,000			20,000
	総計				569,400	42,280	58,240	28,500	861,790	46,325	101,200	200	1,707,935

（単位 m^3/day）

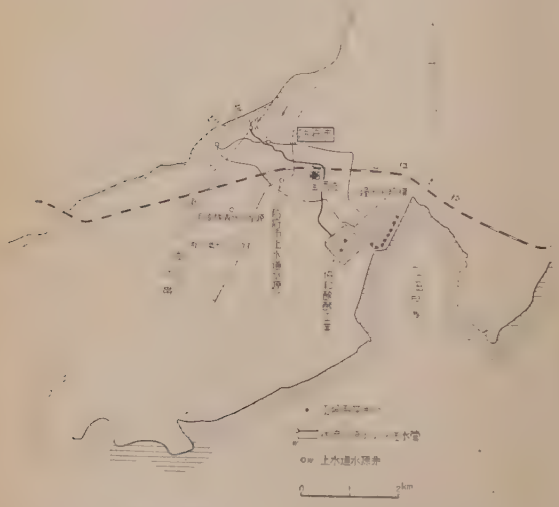
第2表 山口県および一部広島県山陽線沿線工業用水源調査結果

地区	工場名	揚水源	No	整井年度 (T: 大正) (S: 昭和)	井戸側管孔径 (in)	深度 (m)	ポンプおよび揚水動力	導水管 (m/m)
宇部市	宇部興産 K.K. 窒素工場 厚東川末末信水源	河川水					250m/m 100HP×2台 250m/m 110HP×2台	
防府市	協和醗酵 K.K. 防府工場	構内深井戸	1	S-29		36.5	14〃 BH 30HP	
		〃	2	S-31		36.5	14〃 SP 20HP	
		構外伏流井	1	S- 8		7		φ700m/m×
		〃	2			6		3,950m
〃	鐘淵紡績 K.K. 防府工場	構内深井戸	1 〜 7	S-31	12	91 (2本) 60.5 (5本)	4〃SP24HP×7台	
		構外伏流水源	1 2	S-11 S-14			TP 70HP×7台 TP 30HP×1 SP 84HP×2	
〃	宝酒造 K.K. 防府工場	浅井戸	1				3〃TP 7.5HP	
			2	S-15	12		3〃TP 5HP	
			3	S-15	12		〃	
			4					
		深井戸	5	S-15	12	24.5	5〃TP 15HP	
		〃	6	S-29	12	24.5	3 〃	
南陽町	日本酸素 K.K. 徳山工場	浅井戸	1	S-14	6	11.8	8〃TP 5HP	
〃	キリン麦酒 K.K. 富田製壜工場	浅井戸(構外)	1	S-12	12	9	2.5〃TP 7.5HP×2台	
〃	東洋曹達工業 K.K.	〃	1		2.5	8	8〃TP 30HP	450m/m×
		〃	2		2.5	8	8〃TP 30HP	1,700m
		〃	3		2.5	8	8〃TP 30HP	
							6〃TP 15HP	
		海 水					100HP×4台 200HP×2	
徳山市	日本精蠟 K.K.	〃					30×2台 40×1 50×2	
	徳山曹達 K.K.	河川水 海 水					300HP×1	
光 市	武田薬品工業 K.K. 光工場	浅井戸	1	S-29	5m	6	3TP 7.5HP	
			2	S-29			3TP 7.5HP	
			3	S-29	2m	4	3TP 7.5HP	
岩国市	山陽パルプ K.K. 岩国工場	河川水	錦見	S-29				1,200
		〃	今津					900
		海 水					4〃TP	
〃	帝国人造絹糸 K.K. 岩国工場	深井戸	1	S-24	12	60.0	6〃竪型 TP30HP	
		〃	2	S-26	〃	〃	〃	
		〃	3	S-14	〃	60.6	TP25HP	
		〃	4	S-26	〃	〃		
		〃	5	S-24	〃	〃	TP30HP	
		〃	6	S-26	〃	〃	TP25HP	
		〃	7	S-24	〃	〃	〃	
		〃	8	S-17	〃	〃	〃	
		〃	9	S-16	〃	〃	TP30HP	
		〃	10	S-16	〃	〃	〃	
		〃	11	S-16	〃	〃	TP20HP	
		〃	12	S-16	〃	〃	〃	
		〃	13	S-16	〃	〃	TP25HP	
		〃	14	S-16	〃	〃	TP20HP	
		〃	15	S-15	〃	60	〃	
		〃	16	S-26	〃	16.6	横型 TP15HP	
		〃	17	S-23	〃	〃	〃	
		〃	18	S-23	〃	〃	〃	

施設および用水について実地調査を行なつた分)

自然水位／揚水水位 (m)	揚水量 (m³/h)	水比抵抗 (Ω·cm) 温度 (°C)	主要製品	備考
		6,500/20.3	硫安・液安	
3/3.5		2,150/21.9	酒精・ストレプトマイシン	自家発電 10,000 kW, 冷凍機 120HP×3 台, 冷却池 4,500 m³
/4.50	860	12,000/20.7 15,000/21		
	80	30/18.7	カネカロン	自家発電 18,000 kW, 冷却池 18,000 m³, 冷凍機 120HP×7, 150HP×2
		4,300/—	雑酒	冷却池 90 m³
				廃井(4号井)
/6		4,800/19		
/6		4,500/18.7		
1.5/4.0	90	7,000/19.9	酸素	
1/2.5	30	5,600/20.2	ビール壜	
/4～5		9,800/21.8	ソーダ灰・苛性ソーダ	自家発電 10,000 kW
/4～5	500	9,800/21.4		
/4～5				
	700		パラフィン	回収池 { 3,000m³····1 30,000m³····1
			ソーダ灰・苛性ソーダ	自家発電 12,500 kW, 桜谷貯水池 660,000m³
	850×4 台 600×3 1,250×1			
	80	3,200/25.5	合成薬・オーレオマイシン	冷凍機 300HP×2, 回収池 3,000m³
	40	2,000/21.9		
	40	5,600/19.4		
	4,000		溶解用・製紙用パルプ	集水暗きょ 1)錦　見 { 360m/m×450m 600 500
	2,000			〃　2)今津川 { 600m/m×350m 360
				自家発電 6,000 kW, 濾過池 { 新 3,000m³ 旧 5,000m³
3/3.9	6,650m³/day		スフ綿・人絹スフ絹	自家発電 6,000 kW
3/3.9	〃			
〃	3,600m³/day			
3.2/3.9	〃			
〃	〃			
〃	〃			
〃	〃			
〃	〃			
〃	2,600m³/day			
〃	2,720m³/day			
3.2/4	〃			
〃	〃			
〃	4,180m³/day			
〃	3,600m³/day			
〃	〃			
〃	〃			
〃	4,000m³/day			
〃	〃			

地区	工場名	揚水源	No.	鑿井年度 (T：大正) (S：昭和)	井戸側管孔径 (in)	深度 (m)	ポンプおよび揚水動力	導水管 (m/m)
		河川水					TP155HP×4台	550m/m×4 700 ∫km
		海水						
	東洋紡績K.K.岩国人絹工場	河川水		S-11			900m/mTP240HP×5台	900m/m×4km
		深井戸	3本	S-13	12	204		
和木村	日本紙業K.K.芸防工場	河川水					TP100HP 50HP 30HP 24TP×4台	
	興亜石油K.K.麻里布製油所	海水						
大竹市	三菱レイヨンK.K.大竹工場	河川水		S-26	12		12″TP×30HP×5台	800 1,100
		海水					300m/mTP130HP×4台	



第 2 図　佐波川の伏流に依存する防府市所在工場群の水源の配置

m は，水温は 15～18°C であるが，もはやほとんど海水に近い水質となつている．同工場ではこれらの塩水井群を利用して，蒸発缶の冷却にあてている．

なお同工場では，今後の生産増強を見越して，佐波川表流 100,000 m³/day 余の取水を計画しており，そのうち 48,000 m³/day 分の送水のため，すでに隧道を含む 1,200 mm 管路を建設しているので，佐波川の表流そのものについてはもはや大きな余裕は求められそうもない．したがつて防府市の当面の工業用水源は，旧河道沿いの地下水に依存せざるをえなくなるだろう。

4. 富田川流域

富田川は流路延長 13.6 km，流域面積 47 km² の小河川であり，僅かにその下流右岸に小規模な沖積低地があ

る。都濃郡南陽町はこの沖積低地に位置し，東洋曹達工業 K.K.・日本鉄板 K.K.・キリン麦酒 K.K. 富田製壜工場・日本酸素 K.K.・徳山工場などが操業している。

富田川の左岸，徳山市側は，花崗岩質の山地が海岸にせまり，さらに狭隘な平坦部を残すのみであるが，こゝにもまた徳山曹達 K.K.・出光石油 K.K. 徳山製油所・徳山鉄板・日本精蠟 K.K. などの工場が立地しており，これら富田川左右両岸の工場群の淡水使用量は総計 150,000 m³/day に達している。このようにして自然水源規模の小さい割合に，立地している用水型工場の規模の大きい点が，この地区の特徴ということができる。

したがつてこゝでは，外来水源として遠く錦川第1取水ダムから導水され，徳山市間上発電所に供給される水 120,000 m³/day がその主水源となつている。この発電所放水は，徳山市川崎折羽分水槽にはいり，向かつて右から，(1) 徳山市上水道用，(2) 現在空，(3) 徳山曹達 K.K. 専用，(4) 日本鉄板 K.K. および南陽町上水道併用，(5) 東洋曹達工業 K.K. 専用の順で，それぞれ 24,000 m³/day ずつに分水され，これから 500～700 mm 管でそれぞれに供給されている。このほか旧徳山燃料廠用の水道を利用して，徳山市が 12,000 m³/day の水を受水し，出光石油 K.K. に給水しているが，川崎折羽分水槽にはいる 120,000 m³/day は発電所への流入水量によつて減少することがあり，夏季渇水時には，水量・水温の両面補給をかねて，各工場はそれぞれ補助水源をもつている。

南陽町側で，またまた富田川右岸，橋本・福川附近に，富田川表流によつて直接涵養されている小規模な地

自然水位／揚水水位 (m)	揚水量 (m³/h)	水比抵抗 (Ω-cm)／温度 (°C)	主要製品	備考
	600×2台 700×3台	16,500/19.4		集水暗きょ {φ1,060m/m×127m φ1,500 ×200 φ1,060 ×106
25/23	740×3台 1,440×2台	16,000/19.3	スフ・人絹・タイヤコード原糸	集水暗きょ {φ900m/m×480 kW φ1,500 ×150 自家発電12,900 φ1,500 ×150 配水池 6,440m³
	1,650	13,500/	洋紙・和紙	集水暗きょφ900m/m×104m, 自家発電 770kW
	1,100		ガソリン・灯油・重油	貯水槽 {2,000 m³, 1,000 自家発電 4,000kW
	1,200	27,000/17.5	レーヨン・ステープル・メタアクリル樹脂	{集水暗きょ {900m/m×180m 自家発電 1,200 ×320 15,200kW 冷凍機 300HP×3台, 250HP×6台, 150HP×4台
	750			

第3表　山口県下の都市上水源調査結果

都市名	水源	取得水量 (m³/day)	原水水比抵抗 (Ω-cm)／水温 (°C)	備考
防府市	自由面地下水	能力 6,000 実績 3,000	5,000/20	
南陽町	錦川表流(分水)	1,000	25,000±/−	
徳山市	〃	24,000	〃	{ほかに市上水として 12,000 m³/day を出 水石油 K.K. 向け送水
光市	島田川伏流	18,000	旧 8,000/− 新 11,000/−	うち工業用 16,000 m³/day
岩国市	錦川表流	能力 40,000 実績 22,000	18,000/−	{和木村の上水・工業用に 10,000 m³/day 分水
	錦川伏流	7,000		
	被圧面地下水	4,000	13,000/15.3	

下水透水帯があり町内所在工場がこゝに構外水源を求めている。透水帯最上流には3本の浅井戸群により12,000 m³/day を揚水している東洋曹達工業 K.K. の水源があり，河岸より 300～400 m 距つているこれらの井戸群の水比抵抗は調査当時表流が 13,000 Ω-cm に対し，9,800 Ω-cm を示しており，これより下流 200 m に所在する日本酸素 K.K. 徳山工場の構内井が 7,000 Ω-cm，さらに 150 m 下流のキリン麦酒 K.K. 富田製場工場の構外水源が 5,600 Ω-cm を示しており（水温はいずれも調査当時 20°C 前後），これらの水比抵抗測定値の地理的変化から，およその透水帯の規模が推定できる。

また徳山曹達 K.K. は，補助水源として富田川左岸，中開作地先にポンプ場を設け，非かんがい期に最大 16,800 m³/day の表流水を取水，徳山市街地背後の北向きの谷部を利用してつくつた桜谷貯水池（貯水容量660,000 m³）に揚水貯溜し，夏季池内深層の水を引き出し，水量の補給とともに，20°C 以下の低温水を得ている。第4表は同貯水池によつて得られる水の温度の一端を示している。

第4表　徳山市ひあがり所在の徳山曹達 K.K. 専用桜谷貯水池における水温 (1958)

深度 (m) ＼ 測定月日	4月16日	7月6日	10月20日	備考
5	13	26	21	{10月20日の水比抵抗 13,000 Ω-cm
20	9	19	17	

単位：°C

註）桜谷貯水池は，別図のような位置に左岸古生層粘板岩，右岸花崗岩の谷部をしめ切つてつくられている。コンクリートダムの高さ 30m，長さ 120m。

いるが，低温水を得る一方法として異例に属しよう。

なお日本精蠟 K.K. 製油所は，市内打上浜にあり，用水 600 m³/day を得るために，海上 4 km（湧水 200 m³/day）および 10 km（徳山市上水 400 m³/day）をタンカーにより送水して間に合わせているが，その所要経費は m³ 当り 50 円に達しており，工場用水のコストとしては最も高い級に属している。

第 3 図 富田川流域における所在工場の水源関係

第 4 図 徳山市における徳山曹達 K.K. の権谷貯水池

5. 島田川流域

島田川は流路延長 36 km, 集水面積 265.7 km² の小河川であるが, 光市はその河床および洪水敷下の暗きよ延べ 500 m によつて, 表流とともに伏流を捕集することによつて, 18,000 m³/day の上水道原水を得ている。島田川の流量は, 上水分 50,000 m³/day のほかに, 渇水量 1.5 m³/sec を示すこととなつており, 河畔ではある程度の地下水利用も可能のように考えられる。

一方, 光市に建設, 拡張中の, 武田薬品工業 K.K. 光工場および八幡製鉄 K.K. 光製鉄所などは, この上水道原水から工場用水の供給を受けているが, 武田薬品工業 K.K. は冷凍機冷却用に, 夏季高温になる外来の水を避け, 工場構内に浅井戸2本と排水きよを転用した集水暗きよとにより, 20°C 前後の水を 150～180 m³/h 揚水している。工場敷地は旧光工廠跡で地盤概して高く, また砂層で厚く埋立てられているので, 地下水面を海水面下に下げないように揚水量を加減し, 冷却排水を地下に還元し, 地下を通じて循環使用するようにすれば, 比較的低温な地下水が, ある程度確保できる可能性がある。少なくも冷凍機を用いることの多い武田薬品工業 K.K. では今後の用水需要増加分の一部を, こうした方法で補充して行くように考えることがこゝの立地条件に即した賢明な方法と思われる。

6. 錦川流域

6.1 概 観

錦川は, 流路延長 124 km, 集水面積 901.8 km² の山口県内最大の河川であるが, その河口近く今津川および門前川の2分流があり, これら分流に沿つて小規模な三角洲が発達している。山陽パルプ K.K. 岩国工場, 帝国人造絹糸 K.K. 岩国工場および東洋紡績 K.K. 岩国人繊工場などのいわゆる岩国工業圏の工場群は, この三角洲上にあり, これらはいずれも錦川の伏流(たゞし実際には表流あるいはそれに近い水) を河床下の集水暗きよにより捕集し, 3～4 km の送水管により工場に送り込んでいる用水型工場である。しかも各工場はそれぞれに集水施設の拡張計画があり, このなかに混つてさらに岩国市上水道 (この 30 %工業用) が表流, 伏流および地下水各種の水源を有している。一方錦川の下流側は, 今津・門前両川の分流点近くにそれぞれかんがい用水の取水を兼ねて, しお止めのためにつくられた落差工があるが, いずれもおおしお時には, 塩水がこれらしお止め堤をのり越えて遡上してくる状態になつている。また上流側には市街地からの下水, 染色工場の廃水などが混入しており, 上下から水質悪化の脅威にさらされている。

したがつてこれら全体としてみると, 岩国市内における錦川の現況は, わが国工業用水源の縮図といつてもさしつかえない。

なお地理的には少しく距つているが, 岩国市の隣接村玖珂郡和木村内には, 興亜石油 K.K. 麻里布製油所・三井石油化学工業 K.K. および日本鉱業 K.K. がそれぞれ工場を建設あるいは拡張中であつて, これらの用水として, 海水のほかに錦川表流に取水する岩国市上水道水の

第 5 図　錦川および小瀬(木野)川流域における
所在工場の水源の位置

一部約 10,000 m³/day が供給されている。

6.2　錦川表流および伏流の利用現況

錦川表流水の固形物総量は，40～60 ppm 前後が普通で，良質をもつてほこる広島県太田川のそれに近いが，降雨に伴なう高濁度の継続時間は，上流地帯に森林が多いため，むしろ太田川の場合より短かくなつている。

調査当時の表流水比抵抗は，岩国市上水道錦見取水点で 18,000 Ω-cm 前後であつた。また比較的渇水に近い状態で，なお 20 m³/sec の流量を保つているので，まず量，質ともに恵まれているということができる。

しかし第 6 図に示したように，多数の集水施設が配置されており，とくに東洋紡績 K.K. の暗きよから下流には櫛形あるいは放射状の暗きよがめじろおしに並んでおり，しお止め堤までの間にはもはや新しい施設を入れる余地はほとんどないといつてもよい。しかも表流水そのものの水質は溶存成分が少なく，良質であるにかゝわらず，各集水施設は暗きよの目ずまりが概して早いことを訴えており，さらにその取得水の水温は，東洋紡績 K.K. の場合最高 28°C，帝国人造絹糸 K.K. の場合最高 26°C，最低 6°C となつている。また水比抵抗などから判断しても，ほとんど直上の表流が呑み込まれている公算が大きく，これらの点を総合すると，表流の流況変化はきわめて敏感に取得水の量，質に影響を与えるものと考えられる。

6.3　地下水理

今津川右岸，門前川流域には，表流から供給されていると推定される地下水が，少なくも地下 60 m 前後までの間に存在している。岩国市上水道・牛の谷浄水場の 2 本の水源井，国立病院および駐留軍用水源井などは 1～2m の水位降下で 4,000～4,500 m³/day 前後の揚水が可能であり，しかも水比抵抗 13,000 Ω-cm 前後で水温15°C 台を示している。これらの地下水の分布範囲は必ずしも広くはなさそうであるが，なお利用の価値はあるので，その量的規模の確認がのぞまれる。

今津川左岸には，河岸沿いの一部を除いて利用可能な地下水の存在は認められない。帝国人造絹糸 K.K. 岩国工場では，冷凍機用に，深度 60 m，孔径 12 吋の井戸 29 本（在来の廃井を含むと 40～50 本に達するという）を利用して，水温 18°C の用水を得ているが，これらはほとんど水比抵抗 50 Ω-cm 程度の海水に近いものである。むろんしたがつて各井 150 m³/h の揚水に対して，水位降下そのものは 0.7～0.8 m，潮汐の干満差による影響を考慮してもなお 1.5～1.7 m 程度に止まつている。

なお臨海部一帯には地盤沈下が生じており，東洋紡績 K.K. 工場敷地では少なくも 0.6 m，山陽パルプ K.K. 工場敷地でも 0.6～0.7 m程度の沈下が認められている。

7.　小瀬(木野)川流域

小瀬川(山口県側の呼称)あるいは木野川（広島県側の呼称）は流路延長 34 km の小河川であるが，その水質は固形物総量常時 40 ppm 前後に止まり，太田川にもまさる最良質河川である。そして塩水の溯上も常時は河口より 2 km の大和橋附近までに止まつている

右岸山口県側和木村には，日本紙業 K.K. 芸防工場のほか，前述の興亜石油・三井石油化学工業および日本鉱業の 4 工場があり，同村はこれら工場の固定資産税によつてその財政がまかなわれている裕福な工業村である。

左岸広島県側には大竹市があり，こゝには三菱レイヨン K.K. 大竹工場・新光アクリル K.K. 広島工場・大竹紙業 K.K. などの既設工場（新光アクリルの一部はなお建設中）のほかに，日本紙業 K.K. および三井石油化学工業 K.K. がそれぞれ新設工場を計画している。そしてこれら左右両岸 9 工場の用水が，競つて小瀬川あるいは木野川に求められており，また新たにその取得計画が進められている。

もともとこの河川は山口・広島両県境にあり，以前から水利に関して紛争があり，昭和 33 年ようやくその水配分についての調整ができ，山口県側は工業用水道により，また広島県側は指定された取水権の範囲内で，工

第 6 図 岩国市内錦見・愛宕・牛の谷附近における工場および上水場の水源関係

場が個々に木野川の水を利用することとなつた。

新光アクリル K.K. の分を含む三菱レイヨン K.K.・大竹紙業 K.K. および日本紙業 K.K. 芸防工場は，現在河床下の暗きよあるいは河畔の井戸により伏流（たゞし実際には表流そのものが主になつている）を捕集しているが，このほか大竹紙業の拡張分などが完成すると，長さ 1.5 km 程度の範囲に，集水施設が密集する結果となり，さらにこの場合には，上流に日本紙業 K.K. の新設工場分および和木村に供給される工業用水道水源などが施設される結果，これより下流側での伏流捕集は，少なくも現在より不利になることが予想できる。

日本紙業 K.K. 芸防工場の集水暗きよは，大和橋上流 500 m のかんがい用井堰の直下にあり，土冠り 3 m 余を有し調査当時表流水の水比抵抗 28,000 Ω-cm に対し，13,500 Ω-cm を示していたので，かなり伏流的性格が強いのであるが，昭和 14 年の渇水時には，塩水の混入をみており，今後上流側からの流量減少が生ずれば，位置的にも塩水混入の危険にさらされる公算は最も大きい。これらの点についての監視は充分必要と思われる。

なお山口県側和木村のうち，旧岩国燃料廠跡は一杯に工場が建設されており，また広島県側大竹市でも，工場予定敷地一杯にすでに工場を誘致し終つているうえ，工場敷地内での地下水の利用実績および利用計画は全くないので，とくに水理地質的に問題となるような点はない。

8. 用水源の開発・保全に対する所見

1) 全体として，一応の用水量は確保されているようにみえるが，夏季の用水増加期には，かんがい用水との競合から水不足が大きな障害となつている。山口県当局では水供給の立場から，継続期間が長い冬季の渇水を重視しているが，工場における用水本来の観点からみても，水温が高く，したがつて冷却用水量の著しく増加する夏季の渇水に対してさらに充分な配慮を必要とする。

2) 佐波川流域では，佐波川の表流から左岸に供給される地下水の利用可能限界が，まず第一に明らかにされなければならない。表流についてはその余乗水量に対して，鐘淵紡績 K.K. 防府工場の新規要求水量を見込んだうえ，この地下水透水帯の保全に必要な表流をも充分考慮したうえ，利用可能水量を求めることが必要である。

かなり大きな坪数になる埋立地および塩田跡地などえの工場建設計画は，こうした地区内の水分布の量的把握を充分に行なつたうえで進めるべきであろう。

3) 富田川流域では，現在計画されている 2 m³/sec の錦川分水計画によつて，ある程度の供給源の強化がはかられるので，さしあたつて重大な問題はない。しかし富田川の表流が伏没して，右岸南陽町側に延びる地下水透水帯については，同町所在の既設工場の貴重な冷却水源となつている地下水を確保しておくということのために充分な保全の策が講じられていなければならない。そのためにその地下水透水帯の供給規模を明らかにしておく必要がある。

4) 徳山曹達 K.K. の桜谷貯水池が同工場の夏季の用水不足時に，水量と同時に低水温の水の供給源となつたということは，この地域一帯の用水源の実状からみて注

日に値する。

5　光市においては，建設整備中の工場の用水計画における増加分に見合うため，島田川の表流・伏流利用可能量の確実な捕捉が先決問題であろう。また武田薬品工業K.K. 光工場では，その冷却水量の確保の一策として，排水の地下注入――貯溜――再使用の途を考慮することが可能と思われる。

6)　錦川流域にあつては，その総合開発計画の進展に伴なつて，5 m³/secの供給水量の増加が期待できる。しかし既設の工場，上水源などの多数の取水施設は，河床下の埋きよを利用しており，その目ずまりは概して早く，またその暗きよの配列，位置関係が必ずしもうまく行つていない点を考えると，水を流したから，すぐに計画水量が実際取得水量になるものと考えることには，危険を伴なうことが予想できる。この場合岩国市牛の谷上水源のような 50～60 m の深度の立井戸の利用を併せて考えることは，水温の点からも好ましい方法であろう。したがつてこうした地下深部への表流の伏没経路を理解しておくことも必要である。帝国人造絹糸 K.K. 岩国工場の 29 本の塩水井戸群は，その水質がほとんど海水に近いにもかゝわらず，水温を利用するために使つているという点で，全国的にみても代表的な例であろう。

7)　小瀬川(または木野川)流域においては，表流水がきわめて良質であり，さらに工業用水道の計画があり，量的に必要水量の確保が一応可能である。しかし河床下の暗きよでは，表流とほとんど同質の水が得られており，水温の点ではあまり有利でない。地下水の利用は，塩水井として利用する以外ほとんど期待できない。

なお山口県側和木村，広島県側大竹市ともに現有の工場建設可能地がほとんど操業中あるいは建設中の工場で占められており，用水規模からみても，これらの工場の現在の予定取水量がほゞ最終的のものと思われる。

8)　全体として，工場における用水管理の程度は高いが，なかにはまだその管理の面で研究を要する面がある。

(昭和 33 年 10 月調査)

文　献

1) 三輪正房・吉田　滋：島田川における地下水流量，山口大学工学部学報，Vol. 8, No. 1, 1957

2) 末広義明：山口県瀬戸内海沿岸工業地帯を例とした用水面より見た工業の適正規模について，山口県県政室，1957

3) 山口県：瀬戸内海調査地域工業用水利用現況調査報告書，昭和 27 年総合開発調査，1953

4) 山口県：瀬戸内海調査地域都市周辺地下水予備調査報告書，1954

訂 正

地質調査所月報第10巻 第5号荒川水系流域（埼玉県および一部東京都 工業用水源地域調査報告の論文中第2図と第12図が入れ違つているので，第12図を第2図に第2図を第12図に訂正致します。

65(4, 5) 頁右欄の **4. 帯水層とその性質**は 66(416) 頁左上2行目にいれかえます。

概　報

551.763 : 552.323.1 (521.758)

淡路島南西部(西淡町)の和泉層群に不整合に覆われる石英斑岩類

長浜春夫*　片田正人**　対馬坤六**

Quartz Porphyries Unconformably Covered by Izumi Group at Seitan-chō, Southwest of Awaji Island

by

Haruo Nagahama, Masato Katada & Konroku Tsushima

Abstract

At the southwestern coast of Awaji island, hornblende-biotite quartz porphyry and rhyolite are unconformably covered by the Izumi group of Later Cretaceous age.

These volcanic rocks may be equivalents of quartz porphyry, etc. usually occurring along the southern coast of eastern Chūgoku district, due to its similar occurrence and rock facies.

This fact is an important datum concerning the age of the extrusion of quartz porphyry and its related rocks covering the extensive area of Chūgoku district.

1. 緒　言

これから述べる石英斑岩類は，淡路島南西部の西淡町西海岸，すなわち，和泉層群の北縁と西海岸と交わる附近に分布するものである(第1図)。

この地域に石英斑岩類が存在することと，それが和泉層群に覆われているという事実は，すでに東中秀雄[2]と松下進[5]によつて簡略に公表されている。しかし，その詳しい記載や存在の意義に関してはなにも知られていない。

第1図　淡路島の地質概略図

* 燃料第
** 地質部

最近，筆者のうち長浜は，淡路島の放射能測定調査のために問題の地域を踏査し，対馬も，片田とともに20万分の1「徳島」地質図幅作成にあたり，やはり同一地域を訪れる機会を得た。その際，やゝ詳細な資料を得ることができたのでお知らせする。

なお，われわれの仕事を進めてゆくうえに，笠間太郎講師を始めとする，大阪市立大学の方々に有益な御教示をいただいた。こゝに深甚な謝意を表する。

なお，地質調査所の礒見　博・村山正郎・田中啓策・山田直利および河田清雄の各氏から有益な御批判をいただいた。

2. 淡路島の地質概要

淡路島の大略の地質[1]は第1図に示してある。島の北部および中央部には花崗岩類が，南部には和泉層群が分布し，南端部を中央構造線がかすめて通つている。また島全体の凹地や海岸地帯には第三紀層，洪積層および沖積層が堆積している。

花崗岩類には，所によつて片麻岩類を伴なつたり（志筑・洲本間)[6]，片理が発達したり，あるいは変輝緑岩の岩脈状捕獲岩がみられたりする(岩屋附近など)事実があるから，その大半は領家花崗岩類に属するものと考えられる。しかし西海岸の室津の町の南端には，新期の貫入岩と思われる文象斑岩質花崗斑岩の小岩体がみいだされる。問題の石英斑岩類は淡路島においては第1図に示したように，島の南西部以外の地域にはみあたらない。

註1) 田中啓策からの私信によれば，淡路島の和泉層群はヘトナイ世のものと考えられるが，最下部の(問題の地域の)礫岩層は，浦河世末亜期のものになるかも知れない。

第 2 図　石英斑岩類分布地域(淡路町西部)の地質図

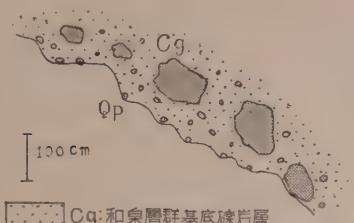
Cg：和泉層群基底礫岩層　　Qp：石英斑岩　中央の木の高さ約 3 m

図版 1　西淡町丸山東方(地質図の D 地点)でみられる石英斑岩と和泉層群の不整合

和泉層群は，礫岩・砂岩および頁岩の厚い互層で，田中啓策[3] 註1) によれば，白堊紀ヘトナイ世の堆積物である。

3. 石英斑岩類の岩相と活動時期

石英斑岩類の分布地域の地質図を第2図としてあげ，石英斑岩類が和泉層群に不整合に覆われる事実を第3図および図版1に示してある。



第3図　西淡町丸山北北東約 1,600 m の道路傍（地質図の C 地点）でみられる石英斑岩とそれを不整合に覆う和泉層群の基底礫岩層

石英斑岩類は，石基がガラス質か微晶質かによつて，便宜的に流紋岩と石英斑岩とに区別すると，流紋岩の典型的な露出は雁子岬にみられ，その他の露頭はほとんど石英斑岩である。一般に流紋岩は赤褐色を，石英斑岩は灰色を呈する。

鏡下で観察すると，両者とも斑晶は石英＞カリ長石＞斜長石からなる。石英は両錐体または粒状で，流紋岩には破片状のものも多い。カリ長石にはパーサイトがみられ，一般に汚濁している。斜長石には累帯構造がほとんどなく，双晶が発達する。やゝ汚濁し，成分はオリゴクレースである。

また石英斑岩には微斑晶（～斑晶）として黒雲母＞角閃石および鉄鉱がみられる。黒雲母は褐色ないし緑色を呈し，しばしば変質している。一般に細粒結晶であるが，まれには大型結晶もみられ，細粒結晶は集合していることが多い。角閃石は，新鮮なものは濃青緑色で，大半は緑泥石化している。

石英斑岩の石基は，石英・長石を主とする細かい粒状結晶の集合である。

この石英斑岩類は，深成岩質の部分を伴なわないこと，3 km 以上も連続的に露出するにもかゝわらず，どの露頭も非常に似た岩相を示すこと，および石基がガラス質ないし微晶質であるなどの点から考えて，深成岩体の周辺相や，貫入岩体ではなくて，噴出岩（熔岩流）であろうと思われる。

この岩体は変成作用を受けていないから，領家変成岩類の原岩と同じ古生層の一部である可能性はない。また領家帯の火成活動は地下深所におけるものであるから，領家花崗岩類の一員とは考えがたい。したがつてこの火成活動の時期は，領家花崗岩類の貫入後，和泉層群堆積前である。

4. 中国地方の石英斑岩類との関係

従来の資料によれば[1)7)]，この地域と瀬戸内海を隔てた，姫路市近傍から岡山市近傍には，黒雲母・角閃石を含む“白堊紀”の石英斑岩と流紋岩が分布し，この地域から最も近い家島諸島にも黒雲母流紋岩が露出している（しかし，小豆島にはこの種の火成岩はみあたらない）。これらの岩体を，われわれの地域の石英斑岩類と比較してみると，ともに地表に流出したと考えられる酸性岩である点や，鏡下における組織・鉱物成分などがよく類似しているという点で，両者は対比さるべきものと考えるのが自然である。おそらくこれらの石英斑岩と流紋岩は，姫路市附近から，この地域にわたつて広範囲に活動したものであろう。そしてそれらの大半の部分は領家帯の隆起に伴なつて削剝されてしまつたけれども，和泉層群の堆積地域では，地盤の沈降のためそれらの一部が削剝しつくされないで残つたものと信ぜられる。

たゞこゝで，中国地方の新期酸性岩と同時期のものが，領家帯内部の，中央構造に比較的近い所に露出することに疑問が生ずるかも知れない。しかし，最近になつて，四国の松山市附近や高縄半島で，白堊紀の花崗岩の存在が報告され[4) 註2)]，領家帯の比較的南部にすら新期の花崗岩が分布していることが認められている。また，今回の調査でも，新期の石英斑岩～花崗斑岩小貫入岩体が，淡路島・小豆島（三都半島東岸）の領家花崗岩中にみいだされた。それゆえ，新期の火成岩が領家帯南部に存在することは，普遍的ではないが，ともかく明白な事実である。

したがつて，山陽地方に広く分布する石英斑岩および流紋岩などの少なくとも一部は（浦河世末亜期～）ヘトナイ世以前に活動したと考えられよう。

（昭和 34 年 1 月，3 月調査）

文　献

1) 兵庫県：20 万分の 1 地質図，兵庫県，1951
2) 東中秀雄：淡路炭田中部及び南部地区調査報告，地質調査所月報，Vol. 2, No. 1, 1951
3) 平山　健・田中啓策：7 万 5 千分の 1 地質図幅および同説明書，徳島，地質調査所，1954

註2) 柴田秀賢・猿山光男：中国地方及び北九州の花崗岩活動，1959 年地質学会総会において講演

4) 小島丈児・岡村義彦：柳井地方，地質巡検旅行案内書，1952
5) 松下　進：日本地方地質誌，近畿地方，朝倉書店，1953
6) 小川琢治：淡路島 始原界 橄欖輝紫岩并褐簾半花崗岩略説，地質学雑誌，Vol. 3，1896
7) 佐藤源郎：7万5千分の1地質図幅および同説明書，西大寺，地質調査所，1938

553.435 : 553.661 : 550.85(523.1)

徳島県宍喰鉱山調査報告

清島信之*

要旨

宍喰鉱山は，四国東南地域における時代未詳中生代安芸川層群中の，いわゆる浅川型含銅硫化鉄鉱床帯に位置する。

鉱床は赤色チャートを伴なう輝緑凝灰質岩中の塊状交代鉱床で，黄鉄鉱・黄銅鉱を主要鉱石とする。当鉱山は目下休山中であり，既往の稼行品位は Cu 1%以下，S 33～38%であつた。

すでに主要鉱床の八木鑓・本鑓は採掘を終了しているが，露頭はさらに西方に 1,700 m 余も断続して延長しているので，今後この方面の探鉱に期待が寄せられる。

1. 緒言

本調査は，現在休山状態にある宍喰鉱山に対して鉱量確保の必要を認め，将来なお資源開発にあたり期待できるかどうかについて検討を加えるために，中小鉱山技術指導として行なつたものである。

調査は短時日であつたため，主として露頭の追跡とそれらの観察に重点をおいた。

調査期間　昭和33年1月31日～2月3日

調査者　清島信之

2. 位置および交通（第1図参照）

本鉱山は，徳島県海部郡宍喰町字久尾にあり，高松市・徳島市からは高徳線経由，牟岐線の終点牟岐駅に下車，こゝからバスにより宍喰町乗換え，久尾に至り，さらに久尾から山元まで 12 km の林道は，徒歩あるいは木材搬出用の三輪車によらなければならない。交通運搬ともにやゝ不便である。

第1図　宍喰鉱山位置図

3. 鉱業権関係

鉱区番号　徳島県試登　2697号

鉱区所在地　徳島県海部郡宍喰町久尾

鉱種　金・銀・銅・鉄・硫化鉄・マンガン

鉱業権者　徳島県小松市中ノ郷町　大西孝明外3名

4. 沿革および現況

当鉱山開発の歴史は古く，明治初期に始まり，当初は久尾鉱山と呼ばれた。宍喰鉱山の名は昭和11年八幡の高倉某の所有になつてからで，同12年8月昭和鉱業 K.K. が買収し，終戦まで稼行した間が当鉱山として最も栄えた時代である。その後同26年菊地某と別府化学工業 K.K. の協同により数年稼行され，月産 350 t を出鉱するに至つたが，経営不振に至り同28年3月休山した。ついで鉱業権に変遷があり，同32年10月現鉱業権者の所有するところとなり，再開を計りつつ現在に至つている。

5. 地形

四国南東部における脊梁山脈の支脈は，南方室戸岬に延びてなお海抜 1,000 m 級の優勢な山岳地帯が徳島・高知両県界を分つている。宍喰鉱山鉱床は，その一峰，標高 10,188 m の貧田丸の南麓にあり，野根川上流の渓谷の標高 500～650 m（比高最高 150 m）の山腹に位置する。附近の一般地勢は急峻である。

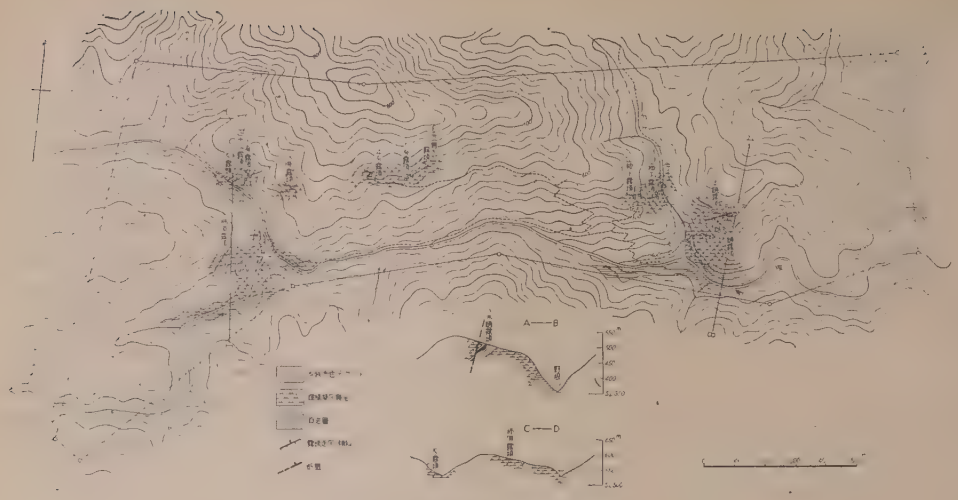
6. 地質（第2図参照）

当鉱山は安芸川層群（時代未詳中生層）の下部層である頁岩層と，中部層の砂岩頁岩互層の境界近くに位置する。すなわち頁岩層は鉱区南部の一部に分布し，鉱床附近は砂岩頁岩互層からなり，そのなかには輝緑凝灰質岩・チャート（赤色および緑色）を介在し，頁岩のなかには凝灰質のものがある。

安芸川層群の1つの特徴である赤色チャートは，特有の赤褐色の外観を呈して輝緑凝灰質岩中に帯状に分布し，ある厚さをもつた層準にみられ，鉱床母胎と密接な関係を有するものと思われる。その層厚はときに 50 m 以上に達する。

地層の一般走向は N60～70°E，傾斜は 40～50°N を

* 四国駐在員事務所



第 2 図 宍喰鉱山地質鉱床図

示すが，小規模ながら断層・褶曲に支配され，走向は NW-SE, 傾斜も一部Sとなる場合もある。断層・褶曲系としては NE-SW, EW の 2 方向が多いが，概して特筆するほどの大きな構造は認められない。

7. 鉱　床

7.1 概　説

当鉱区内各鉱床は，赤色チャート中あるいは輝緑凝灰質岩中のいずれかに胚胎し，前者に属する鉱区東域の八木鏑・本鏑が，鉱床規模最大である。後者に属するものは，西域の山神鏑・6号～1号露頭・四十谷露頭・柿原露頭らで，それらの露頭線は継続して 1,700 m にも及ぶが，前者に較べて「焼け」の規模は小さく，各鉱床はレンズ状～帯状をなす。

7.2 鉱床および露頭各説

八木鏑・本鏑

本鉱床はすでに採掘し尽され，現在はその跡から鉱体の形状をうかがうことができるにすぎない。八木鏑は昭和坑により稼行され，走向延長 15 m, 傾斜延長 20 m が知られている。鉱山側の資料によれば，鉱体はその北側を通る走向 N60～70°E, 傾斜 50～60° N, 落差 14 m の走向断層で切断されていて，その北側延長は本鏑として下方に再現しているものと解釈される。

本鏑は，かつて最も盛大に稼行された鉱体で，輻輳する坑道や採掘済みの空洞から，鉱床は走向延長 50 m, 傾斜延長 40 m の規模であつたと推定される。現在は坑底が水没して，下底部の鉱況は判明しないが，僅かに鉱石の残柱を残すのみで一応採掘を終つている。前述の走向断層により，分けられた各鉱体を復元すると，1個の鉱体の規模は走向延長 50 m, 傾斜延長 60 m, 鏑幅 3～5 m に及ぶ塊状鉱体であつたことが推知される。

鉱体は赤色チャート中に胚胎し，鉱体と母岩との間は明瞭な境界を示す。母岩は珪化作用・粘土化作用を受け，しばしば黄鉄鉱・方解石の細脈により網状に貫かれている。また八木鏑坑内で観察されるように，鉱体下盤の探鉱の結果，主鉱体に平行して竿状の小鉱体が伴なわれていることがわかつた。

山神上露頭・山神下露頭

八木鏑・本鏑の西方対岸には，渓谷を挟んで高距約 60 m をおいて層準を異にする平行鉱床がみられる。上部を山神上露頭，下部を山神下露頭と称する。

これら2露頭は，八木鏑・本鏑といかに対比されるべきものか明らかでないが，山神下露頭では旧坑下盤に層厚 10 m の含鉄赤色チャートが発達しているのがみられる。

山神上露頭は走向 EW，傾斜は地層の一般傾斜と反対で 10°S を示し，幅 1.0 m 余の弱い「焼け」が延長 20 m にわたつて断続する。1坑はこの「焼け」を追つて進んだが，鉱況思わしくないために輝緑凝灰質岩中を掘下り気味に探鉱して，この露頭の下部水準に胚胎する走向延長 10 m, 傾斜延長 3～4 m, 鏑幅 1.5 m の小鉱体を捕捉しその採掘を終つている。2坑は露頭の下部 10 m からの立入であるが，探鉱の目的を達していない。

山神下露頭は，いずれも残り3ヶ旧坑により探鉱されたが，そのうち水没した斜坑坑口では，砕とともに低品位の鉱石 (S 30％見当) がみられるので，本坑は着鉱したものと思われる。

6号露頭

山神上露頭から西方へ約 600 m を距て，比高 150 m の高さに6号露頭がある。この範囲の小谷間には所々に「焼け」転石が認められることから推して，この間には今

第1表　宍喰鉱山露頭状況一覧表

露頭名称	走向	傾斜	幅員 (m)	走向延長 (m)	開発状況
八木鍾	EW	40°N	2～3	15	八木鍾坑（坑道総延長 150 m）採掘済
本鍾	EW	10～50°N	3～5	50	本鍾坑（坑道総延長数 100 m）採掘済
山神上	EW	10°S	1.0	10	山神上1坑2坑（坑道総延長 100 m）採鉱一部採掘
山神下	N70°E	60°N			3ケ旧坑（坑道総延長 100 m 以下）採鉱一部採掘？
6号（青さで）	N70°E	40°N	2～3	30	露頭剝ぎ。未採掘
5号	N45°W	50°N	1.0	3	旧坑（坑道延長 30 m）により探鉱
4号	N35°E	25°N	0.8	5	未採掘
3号	N80°E	75°N	0.6	20	未採掘
四十谷2号	N40°W	70°N	1.5	10	3ケ坑（坑道総延長 25 m）により鍾押，立入探鉱
四十谷1号	N70°E	70°N	1.0	5	旧坑（掘進 5 m）により探鉱
柿原	N80°E	75°N	1.0	3	未採掘

後地表の探査による露頭発見の可能性は多い。6号露頭は"青さで"露頭とも称され，地上2m に突出して幅2～3m の粗鬆な「焼け」を形成し，走向 N70°E, 傾斜 40～50°N を示す。これより西方へは5号，4号露頭となり比較的に連続性がよくなつている。本露頭はかつて露頭剝ぎ程度の探鉱を行なつた形跡が認められ，やゝ多量の黄銅鉱を含む不規則塊状の鉱石からなり，脈石として石英を伴なう。鉱体の下盤の輝緑凝灰質岩中には割れ目に沿つて鉱床と平行する緑簾石の細脈が発達し，ときに20～30 cm に膨張しているが，野外調査にあたつて探鉱の指針とすることができる。

5号露頭

走向 N45°W, 傾斜 50°N の弱い「焼け」を追つて掘下りを行なつた旧坑がある。しかし坑道は探鉱を誤まり鉱体の上部を掘進して終つている。

4号露頭

4号露頭は急斜した小渓流の底部に現われ，幅 0.8 m の鉱染状の黄鉄鉱鉱体である。やゝ多量の石英を伴ない小晶洞もみられる。鉱床附近の地層は擾乱し，露頭は走向 N 35°E, 傾斜 25°N を示すが，5号露頭との中間には NS 方向の小規模な背斜がある。また鉱床の下盤近くには赤色チャートの薄層が介在する。

3号露頭

4号露頭の西方約 200 m にあり，急峻な山腹斜面に走向 N75～80°E, 傾斜 75°N をもち，約 20 m 延長する。本露頭は弱い「硫化焼け」にすぎない。

1号・2号露頭

一括して四十谷露頭とも呼ばれ，2号露頭は山神上露頭以西では規模最も優勢である。既往の探鉱坑道として5ケ旧坑があり，2号露頭鍾押の1坑とともに，鍾入2坑も掘進 20 m て鉱体の下部を捕捉している。しかし鉱体の西部は，走向 N 55°E, 傾斜 65°N の断層に逢い，両坑ともに掘進を中止している。鉱体の東部は，谷底を通る NE–SW の小断層によつて食違いがみられるが，その東側の浅い立入で鉱体の延長部を確認している。

鉱床は輝緑凝灰質岩中に胚胎し，走向 N40°W, 傾斜 70°N, 鍾幅は 1.5 m あるが，その中央部には幅 1.0 m の緻密な素硫化鉱帯がある。

1号露頭は渓流の左岸に大きい「焼け」をなし，走向は N50°E を示し，2号露頭と直交する。

1号露頭は鍾幅最大7m に達し，渓流の対岸にも露出するが，露頭の鍾押の探鉱結果では，鉱石のまとまり悪く，黄鉄鉱の粗粒結晶からなる鉱染状の石英—黄鉄鉱鍾であり，含銅品位も低い。

3坑は坑内溜れのため引立まで入坑はできないが，N70°E 方向に約 15 m 掘進している。この露頭も1号露頭と同様鉱染状石英—黄鉄鉱鍾でまもなく消滅している。

柿原露頭

今回発見された本露頭は，前記四十谷露頭の対岸山腹にあり，6号～1号露頭の南側に平行する露頭とみなされる。鉱床は輝緑凝灰質岩中にあつて走向 N80°E, 傾斜 75°N を示し，鉱染状の黄鉄鉱がみられるにすぎないが露頭下方の山斜面には黄銅鉱をかなり多く混える径 5～30 cm の転石が散在するので，今後この附近の探鉱に期待がもたれる。

8. 鉱石および品位

鉱石は微粒～細粒の素硫化鉄でときに黄銅鉱を含む。かつて開発された八木鍾・本鍾と四十谷2号露頭の鉱石の性状は，ともに類似するが，6号(青さで)露頭，4号露頭は趣きを異にし，脈石としてやゝ多量の石英を伴なうとともに母岩の食残しがみられ，ときに石英の小晶洞もあり，鉱石は粗鬆な外観を呈する。

開山当初は銅を目的としたので，八木鍾・本鍾の含銅品位はかなりによかつたものと思われるが，鉱床の主体は八木鍾・本鍾の硫化鉱である。その一例として昭和鉱業時代の出鉱品位を示せば，Cu 0.2～0.3％，S 33～38％である。

今回採取した露頭試料は，2,3 分析提出中であるが，6号(青さで)露頭，四十谷2号露頭，柿原露頭など含銅分の高いものは見込 Cu 2％内外を示すものと思われる。

9. 探鉱方針

すでに採掘済の感ある八木鍾・本鍾を除いて，西部地域はこんにちまで地理的な悪条件が影響して，各露頭の探鉱も充分には行なわれていない。これら数多くの露頭が2km あまりにわたり連続性を有することは，今後の探鉱にかなり期待をもてるものと思われる。探鉱上の意見として

1) まず地表の調査をさらに行ない，各露頭の相互関係を判然とさせること。

2) 西域開発の緒として，四十谷2号露頭の鍾押探鉱は急務である。

3) 6号(青さで)・4号・柿原露頭の探鉱坑道開さく。

4) 塊状交代性鉱床に属する本鉱床の場合，単に露頭の規模だけで鉱況の優劣を断ずるのは早計であるから，各露頭については今後下部の探査に重点をおく必要がある。そのためにはボーリング探査が望ましい。前項3についてもむしろボーリング探査を先行すること。

5) 八木鍾・本鍾の深部にはさらに第2，第3の潜在鉱床が期待されるので，既採掘鉱体の下盤位に対してもボーリング探査を考慮する必要がある。

10. 結　語

当鉱山は浅川型含銅硫化鉄鉱床に属し，主要鉱床は一応の採掘を終つており，かつ精査を必要とする部分もあるが，露頭は断続して 1,700 m に延長し，その間所々に含銅品位の高い部分も認められるので注意する必要がある。

今後開発にあたつてさらに鉱床精査，ならびに前記ボーリング探鉱の必要性を強調したい。

由来四国南地域における浅川型含銅硫化鉄鉱床として，東方から浅川・宇賀・川上・轟（以上徳島県），宝蔵・別役・宝賀勝・安芸川・清水・上倉(以上高知県)など数多くの鉱山が挙げられる。これら各鉱床は安芸川層群の構造と一致して，ほぼ東西の分布をなすことをも併わせ，浅川型鉱床の形態，生成機構の総括的な調査の必要性を痛感する。そうしてこれの実施は硫酸資源開発が強く要望されている地元徳島県の気運にも応えることができ，またそれの有効な資料となることと思考する。

（昭和33年2月調査）

553.494 : 550.85(521.71)

三重県名張地方チタン鉱床調査報告

宮本弘道*

要旨

昭和29年2月2日から18日間にわたり，三重県名張市滝之原附近の砂チタン鉱床を調査した。滝之原は近畿日本鉄道大阪線名張駅の東方約8km の所に位し，附近に平地よりの比高約 200 m の斑栃岩の台地がある。本地区の砂チタン鉱床は斑栃岩または花崗閃緑岩等の風化分解による原地露天化残留鉱床またはそれを源とする漂砂鉱床である。これらの鉱床は斑栃岩および花崗岩類を基盤とし，前者に属するものは分布面積が比較的広く，主として台地面上に賦存し，後者に属するものは台地周縁の斜面の谷に発達する。調査当時稼行中のものは，滝之原地内の宮の上の鉱床で前者に属する。鉱床は粘土層および砂礫層の2つの部分からなり，粘土層中には重砂の濃集部が挟まれ，宮の上では粘土層が厚く平均厚さ1 m に達する。その他はそれ以下である。砂礫層は基盤を直接に覆い，80％以上の斑栃岩の礫からなり，残りは珪質岩石類・花崗岩類等であつて，いずれも円礫またはそれに近いものが多く，砂は斑栃岩の分解物が多く，花崗岩類のものも少量混入する。重砂を構成する鉱石鉱物は，おもに破片状または板状のチタン鉄鉱からなり，粒状の磁鉄鉱・赤鉄鉱等を僅かに伴なう。チタン鉄鉱および磁鉄鉱は単体のものが非常に多い。宮の上の粘土層中の TiO_2 分は5～7％で，そのなかに挟まれる重砂の濃集部では TiO_2 13％に達するものもある。砂礫層の基盤に接する部分の礫間の重砂の品位は，TiO_2 5％程度である。宮の上附近では鉱床の平均見込品位は TiO_2 5～6％である。チタン精鉱は TiO_2 49％に達するものがあり，燐・硫黄・バナジン等の不純物はきわめて少なく，優秀なチタン鉱石である。その他の鉱床は品位いずれも宮の上のものより低いと推定される。重砂は枝谷のみならず，幹谷中にも濃集しており，その多くは田地になつているから，さらに詳細な分布を知るとともに開発可能な鉱量の増大を計る必要がある。

1. 緒言

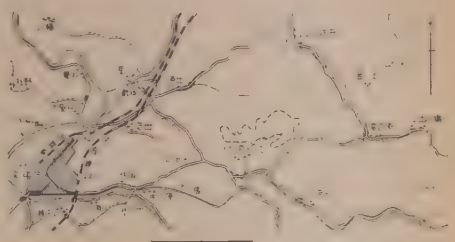
昭和29年2月2日から18日間にわたり，三重県名張市滝之原附近の砂チタン鉱床を調査したので，こゝに結果を報告する。本調査に関する地質鉱床調査は宮本・物部が，地形測量は宮沢・竹内が担当した。

* 鉱床部

2. 位置および鉱区

位置 （第1図参照）

三重県名張市滝之原は近畿日本鉄道大阪線名張駅の東方8km にあたり，調査当時は名張鉱山が稼行されていた。



第1図 位置交通図

名張鉱山に至る径路

名張駅 —バス 4 km→ 下比奈知 —徒歩 4.2km→ 名張鉱山現場

現場からの搬出径路

現場 —人背 200 m→ —オート三輪車 1 km→ 滝之原部落 —トラック 7.5km→ 近鉄伊賀線西名張駅

鉱区

鉱区番号 砂5，砂6，砂7

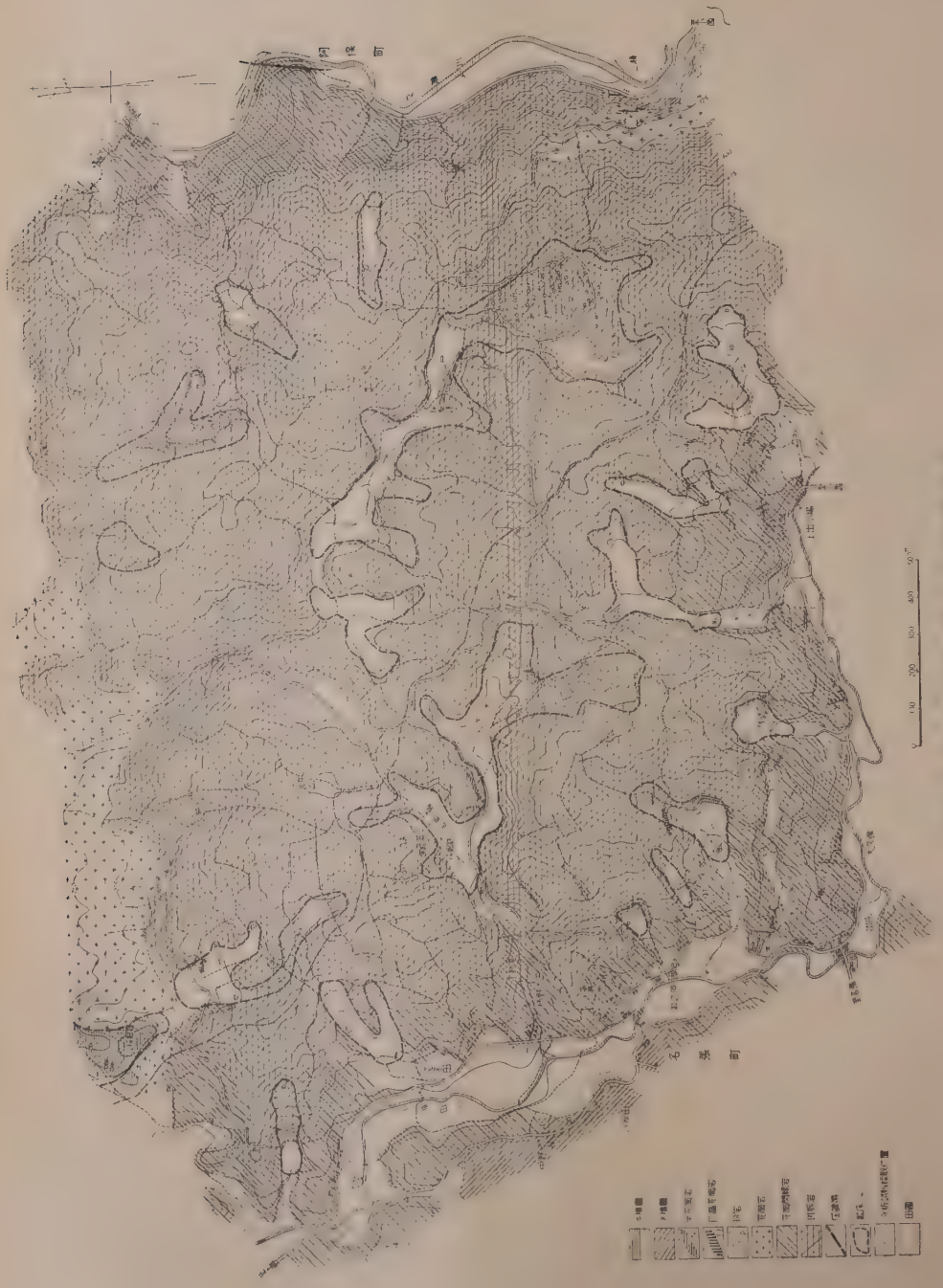
鉱業権者 東京都千代田区丸の内2の8 古河鉱業株式会社

3. 地形

本地区は伊賀盆地の南方に位し，小波田川および前深瀬川に挟まれ，台地状の地形をなす。両河川はともに北西方に流れ，木津川に合する。地域内の一般海抜高度は400 m 以下であつて，平地より比高約 200 m の高位置を占め，台地面は開析が進み，起伏きわめて緩く，所々に水溜をつくる凹地がみられる。しかし小波田川および前深瀬川に望む谷には，一部に 20～30° の傾きを示す所もある。台地上を流れる小川は水量が少なく，選鉱用としては不充分であるから，前深瀬川からの引水を必要とする。

4. 地質

附近の地質は冲積層・洪積層・花崗岩類・斑栃岩等か



第 2 図 各鉱区山地平および地質鉱床図

らなる。

4.1 洪積層

本層は上部の礫層および下部の夾亜炭粘土層の2層に大別される。

夾亜炭粘土層

本層は蛙目粘土・耐火粘土・青色粘土・凝灰質粘土・花崗岩質砂・亜炭等からなる。八反田附近の本層は厚さ10mまで確かめられ，おもに青色粘土および凝灰質粘土からなる。羽根から川上に通ずる小径附近の本層は，厚さ20mに達し，最上位を厚さ2mの花崗岩質砂層が占め，厚さ最大50cmの亜炭・蛙目粘土等を伴なう。

礫層

本層は八反田附近に堆積する厚さ2mの地層で，おもに径50cm以下の花崗岩類・珪質岩石類の礫とその分解物の砂からなる。

4.2 沖積層

本層は台地面およびその周縁斜面においては，おもに斑糲岩の礫およびこれから誘導された砂・粘土からなり，その厚さはときに10mに達する所がある。平地ではおもに粘土からなる。

4.3 斑糲岩

斑糲岩はおもに台地に分布し，中粒ないし細粒のものが多い。本岩はおもに斜長石・異剥石・橄欖石等からなるが斜長石および異剥石の比は一様でなく，外観も黒白のかすり模様から暗緑色に至るまで多様である。斜長石は曹灰長石ないし中性長石の範囲のものが多い。異剥石および橄欖石は，大部分緑色～褐緑色の角閃石により囲まれ，頑火輝石を伴なうことがあり，コロナ構造を示すものが認められる。異剥石中にはチタン鉄鉱が包有されるか，またはその結晶粒間に挟まれることがある。橄欖石は宮の上・川上部落南方等の斑糲岩中に含まれ，そのうち前者中には相当多量のチタン鉄鉱を包含し，磁鉄鉱はきわめて少ない。また後者中には長さ1cm以上の角閃石の大晶を包含し，検鏡によればその大晶中には異剥石が僅かに残り，少量の石英を伴なうことがある

副成分鉱物としては，黒雲母・チタン鉄鉱・角閃石・燐灰石・磁鉄鉱等をあげることができる。本岩は半花崗岩・石英脈・巨晶花崗岩・花崗岩等により貫かれていることがあり，また上出小場附近の花崗閃緑岩を貫く玢岩岩脈中には比較的粗粒の斑糲岩片が捕獲されている

これらの岩脈状花崗岩類は，ときに密集することがあり，斑糲岩に破砕構造を与え，ひいては風化を容易ならしめている。

4.4 花崗岩類

本岩類には花崗閃緑岩・花崗岩・半花崗岩・巨晶花崗岩等がある。

花崗閃緑岩

本岩はおもに台地の周縁部に分布し，中粒のものが多く，おもな構成鉱物は石英・斜長石・黒雲母等であつて角閃石・正長石・柵石・燐灰石・チタン鉄鉱・ジルコン・磁鉄鉱等の副成分鉱物を伴なう。斑糲岩との接触部附近は，角閃石・黒雲母等の有色鉱物が一定方向に並び片麻岩様の外観を示し，また場所により石英が著しく増すことがある。本岩は半花崗岩・石英脈・巨晶花崗岩・花崗岩等によつて貫かれる。

川上部落の南方道路端の本岩中に，ほゞ南北の方向に走る幅2mの圧砕帯が認められ，とくに角閃石・黒雲母を多量に含む。

花崗岩

本岩は台地の北斜面に広く分布し，細粒ないし中粒で，正長石および石英が多く，灰曹長石程度の斜長石がごく僅かに認められるにすぎず，副成分鉱物としては，黒雲母・角閃石・磁鉄鉱・燐灰石・ジルコン等を伴なう。本岩は花崗閃緑岩および斑糲岩を貫き，とくに斑糲岩に接する部分は珪質細粒となる。

その他の花崗岩類

半花崗岩および巨晶花崗岩は，ともに斑糲岩および花崗閃緑岩を貫き，構成鉱物は石英および正長石を主とし，黒雲母・白雲母・柘榴石・磁鉄鉱・燐灰石等を伴ない，とくに巨晶花崗岩中には白雲母が多量に含まれるものがある。

5. 鉱床

本地区のチタン鉱床は，斑糲岩または花崗岩類の風化分解による原地露天化残留鉱床，またはそれらを源とする漂砂鉱床である。その分布状況は第2図に示す通りで斑糲岩を基盤とする台地面上のものは鉱床の分布面積が広い。台地の周縁斜面に発達する谷の鉱床中には，花崗岩類を基盤とするものがある。

5.1 斑糲岩を基盤とする場合

鉱床は砂礫層および粘土層の2部分からなる。その賦存状況がよく観察されるのは，宮の上採掘場附近で，次にこれについて述べる。

砂礫層は基盤を直接に覆い，80%以上は斑糲岩の礫からなり，残りは珪質岩石類・花崗岩類等であつて，いずれも円礫またはそれに近いものが多く，砂は斑糲岩の分解物が多く，花崗岩類のものも少量混入する。礫の大きさは様々で，径30cmを超えるものも相当多量に含まれるが，基盤に接する部分には，径3cm以下の比較的小粒の斑糲岩礫が多い。

粘土層は砂礫層の上位を占め，主として淡褐色で1.5m

の厚さを示し，上記の円礫を多少混入し，一部に厚さ 10 cm の黒色重砂濃集部を挟む。その礫は径 1～2 cm のものが多く，まれに径 20 cm に達するものが混入することがある。このような厚さの粘土層は，谷沿いに傾斜は約 20° をもつて約 100 m の間に拡がる。

大沢および上三谷両地区は宮の上の場合に較べて谷底傾斜が緩やかで，地表近くには径 20 cm に達する斑糲岩礫が，至る所に散在し，一般には宮の上附近よりも薄く，厚さ 50 cm 以下の場合が多いが，部分的には厚さ 1 m に達するものも認められる。

さらに谷底傾斜の緩やかな一枚田地区は，大沢および上三谷両地区に較べてさらに粘土層が薄く，厚さ 50 cm を超えるものは少ない。また谷底傾斜が 20° を超える場合は，厚さ 50 cm を超える粘土層は認められず，砂礫層はほとんど生成されない。粘土層は支谷のみならず，これに続く低部の幹谷においても認められ，厚さも支谷の場合に較べて厚くなる。とくに支谷が幹谷に合する附近では，粘土層が厚くなる。上三谷の北西方の採掘跡はその一例である。

砂礫層の基盤に接する部分には，重砂が多く，とくに宮の上附近においては多量に重砂が濃集し，厚さは 1 m に達し，良好な鉱況を示す。

5.2 花崗岩類を基盤とする場合

この場合はむしろ漂砂鉱床に属し，斑糲岩以外の礫砂が増加する点が，前項の場合に較べて異なるだけである。台地周縁部には，この型の鉱床が多くみられる。

5.3 そ の 他

本地区内の花崗閃緑岩中には，比較的多量のチタン鉱物が含まれるものがあり，これが露天化作用を受けて，チタン鉱物に富む原地残留鉱床を形成したものである。一枚田北方の羽根部落の近くにこの種の濃集部が認められた。

6. 鉱 石

重砂を構成する鉱石鉱物は，おもに破片状または板状のチタン鉄鉱からなり，粒状の磁鉄鉱・赤鉄鉱等を僅かに伴なう。チタン鉄鉱および磁鉄鉱は，単体のものが非常に多い。磁鉄鉱粒中にきわめて細い格子状のチタン鉄鉱が含まれるもの，磁鉄鉱粒の一部が赤鉄鉱化しているもの等が見受けられる。脈石としては破片状の石英・斜長石・白雲母・ジルコン，暗緑色または黒色の角閃石・黒雲母・異剝石のほか，柘榴石等があげられるが，このほかに異剝石を伴なう岩片も相当多量に混入する。

7. 品 位

宮の上附近の採取試料の化学分析結果は第 1 表に示される通りである。この地帯の粘土層中の TiO_2 分は 5～7％で，そのなかに挟まれる重砂の濃集部では TiO_2 13％に達するものもある。砂礫層の最下位，すなわち基盤に接する部分の礫間の重砂の品位は TiO_2 5％程度である。附近の風化分解による軟質の斑糲岩中には，9％程度の TiO_2 分を含むものがある。宮の上附近の鉱床は，平均 TiO_2 5～6％と見込まれる。そのチタン精鉱の化学分析結果は第 2 表に示したが，バナジン・燐・硫黄等

第 1 表 宮の上採取試料化学分析結果

	試料採取位置	厚さ (m)	TiO_2 (%)
1	粘土層	1.5	5.80
1	粘土層中の重砂濃集部	0.2	13.12
1	砂礫層最下位の重砂		5.40
2	粘土層	1.2	7.40
3	〃	0.9	6.40
4	軟質斑糲岩	1	6.40
5	〃	0.5	9.20

分析：後藤隼次

第 2 表 チタン精鉱化学分析結果

鉱石	TiO_2	Fe	V	SiO_2	P	S
上鉱	48.30	33.64	tr.	2.88	0.00	0.03
並鉱	46.50	34.59	tr.	5.94	0.00	0.03

単位％　　分析：後藤隼次

の不純分はきわめて少なく，優秀である。

大沢・上三谷・一枚田の各地区および北谷北方の採掘跡附近の各粘土層の化学分析を行ない，第 3 表に示す結果を得た。

大沢の粘土層は TiO_2 2％以上の品位を示す部分が多く，平均 TiO_2 3％と見込まれ，上三谷では TiO_2 1％台の品位を示す部分が若干認められるが，平均品位は TiO_2 2％と見込まれる。谷の幅が比較的に広く，底の浅い一枚田においては平均見込品位 TiO_2 1％以下と推定される。北谷およびくぬぎ谷の合する採掘跡附近の粘土層は，TiO_2 3％以上の品位を示し，大沢地区のものに較べて鉱況がよい。

8. 沿革および現況

8.1 沿 革

昭和 8～9 年頃土地の人により黒砂の存在が確かめられ，同 10 年頃松岡某が土砂採取法によりチタン鉄鉱を採取しようとしたが，出鉱をみるに至らなかつた。同 14～15年頃三谷某が採取権を獲得し，同 18 年砂鉱区の設定

第3表 粘土層化学分析結果

地区	位置	厚さ (cm)	TiO_2 (%)	備考
大沢	6	70	2.80	
	7	70	3.80	
	8	70	2.80	
	9	60	4.16	
	10	50	3.28	
	11	80	2.64	Fe^{2+} 5.01%, Fe^{3+} 3.00%
	12	50	6.60	
	13	90	5.28	
	14	75	2.40	Fe^{2+} 2.89%, Fe^{3+} 4.57%
	15	70	3.72	
	16	60	2.64	
	17	50	4.72	
	18	85	1.20	
	19	80	2.68	
	20	70	1.44	
	21	80	2.64	
	22	55	3.64	
	23	60	2.00	
	24	70	4.20	
	25	50	4.20	
	26	70	4.20	
	27	75	4.20	
上三谷	28	75	1.00	
	29	50	4.00	
	30	55	2.80	
	31	40	0.56	
	32	60	0.72	
	33	50	1.80	
	34	70	1.68	
	35	80	1.32	
	36	45	2.80	
	37	60	2.80	
	38	50	6.00	
	39	70	2.80	
	40	60	11.00	
	41	50	1.60	
	42	60	9.00	
	43	55	2.80	
	44	30	3.00	
	45	70	1.68	
	46	50	3.40	
	47	65	1.40	
	48	40	3.00	
	49	60	3.00	
	50	45	3.80	
	51	50	2.80	
	52	70	0.80	Fe^{2+}0.72%, Fe^{3+}2.17%
	53	60	4.20	
一枚田	54	50	4.20	
	55	40	0.80	
	56	60	1.28	
	57	30	0.80	
	58	30	1.12	
	59	45	2.80	
	60	40	0.80	
	61	60	2.80	
	62	50	1.36	
	63	70	1.52	
	64	100	1.12	
	65	35	0.68	
	66	40	1.92	
	67	30	2.60	
	68	50	0.32	
	69	45	0.68	
	70	30	1.28	
	71	70	0.92	
	72	60	0.92	
	73	40	1.28	
	74	50	1.28	
	75	30	0.68	
	76	30	2.16	
	77	50	0.68	
	78	70	0.68	
	79	60	0.52	
	80	40	0.68	
	81	55	1.48	
	82	40	0.92	
	83	50	0.92	
	84	45	0.92	
	85	40	0.68	
	86	50	0.92	
北谷北方	87	120	6.48	
	88	140	4.20	
	89	160	4.20	
	90	150	3.40	

分析: 後藤隼次 望月常一

を行ない，まもなく日本稀有金属株式会社の経営下にはいり，循流し方法により試験稼行が行なわれた．同19年頃特殊金属株式会社の経営となり，といながし法により TiO_2 50%のチタン精鉱約 300 t 出鉱した。昭和20年8月終戦とともに稼行を休止し，同24年頃岩谷某を経て，同年末に現権者が鉱業権を継承し，同27年探鉱を行なうと同時に選鉱・揚鉱の設備を整え，試験稼行して現在に至る．

8.2 現況

稼行鉱床 宮の上

採掘 露天掘 水力によつて鉱床を崩壊処理し，サンドポンプにより選鉱場に送る

選鉱 ドラグベルト・トロンメル・テーブルにより選鉱する。

選鉱実収率 70%，処理能力 1 t/day

精鉱品位 第1精鉱 TiO_2 43～45%

第2精鉱 TiO_2 47～49%

動力 ディーゼル 30 HP

出　　鉱　最大出鉱量　30 t/day
出 鉱 先　古河鉱業株式会社大阪製錬所
使用目的　チタン白の原料
出 鉱 量　昭和 24 年度　10 t (TiO_2 48 %)
　　昭和 25～27 年度　70 t (TiO_2 48 %)
　　昭和 28.4～29.2　約200 t (TiO_2 48～49%)
労務者在籍数　9 名

9. 結　　語

調査結果を総括すれば，下記の事項にまとまる。

1) 本地区のチタン鉱床は斑糲岩および花崗岩類の風化分解による原地残留鉱床またはそれらを源とする漂砂鉱床に属する。本鉱床のチタン鉱物の供給源は，おもに斑糲岩で，花崗閃緑岩よりのものも一部混入する。

2) チタン鉱床は粘土層および砂礫層の 2 つの部分からなり，粘土層中には重砂の濃集部が挟まれる。調査結果によれば，宮の上の粘土層が厚く，平均厚さ 1 m に達する。その他はそれ以下である。

3) おもな鉱石鉱物はチタン鉄鉱で，単体鉱物からなるものが多く，その他の鉱石鉱物はきわめて少ない。

4) 宮の上の鉱床の平均見込品位は，TiO_2 5～6 %で高品位である。チタン精鉱は TiO_2 49 %に達するものがあり，不純分はきわめて少なく，優秀なチタン鉱石である。その他の鉱床は品位はいずれも宮の上のものより低いと推定される。

5) 重砂は枝谷のみならず，幹谷中にも濃集しており，その多くは田地になつているから，さらに詳細な分布を知るとともに，開発可能な鉱量の増大を計る必要がある。

6) 花崗閃緑岩等の軟質部にも相当多量のチタン鉱物が濃集する場合があるから，今後の開発の際には見逃すわけには行かない。

(昭和 29 年 2 月調査)

553.31/.32 : 550.85(523.1)

徳島県星越鉱山調査報告

清島信之*

1. 緒言

鉱山側の要望があり，調査当時再開をはかりつつあつた星越鉱山に対し，鉱石の品位ならびに鉱量について現地4日間鉱床調査を実施したのでその結果を報告する。

調査期間　昭和32年5月31日～6月5日
調査者　清島信之

2. 鉱業権関係

鉱区番号　徳島県採登102号
鉱区所在地　徳島県那賀郡福井村
〃　海部郡赤河内村
鉱種　鉄・マンガン鉱
鉱業権者　大阪市東区博栄町2丁目37
星和鉱業株式会社

3. 沿革

鉱山発見の歴史は古く，明治時代に遡り，当初は塊状の二酸化マンガン鉱床として稼行され，阪神方面に出荷された由である。その後昭和初期に四国鉱業が開発にあたり，主として露頭部の採掘を行なつたが，市況不振のため休山し，昭和7年兵庫県の人，樋口某が買山して同14年まで稼行した模様である。ついで藤田鉱業が買山し，新たに星越峠から山元まで約1.5 km の専用道路を開設本格的開発に着手し，前大戦中は軍が買上げするところとなつたが，好況をみずして終戦となりその後は放置されていた。

同26年，前鉱業権者が試掘権を得，その後資金難により休山していたが，31年10月より現鉱業権者の援助を得て再開し，目下月産 150～200 t を生産し，漸次事業の拡張をはかりつつある。

4. 位置および交通

星越鉱山は5万分の1地形図日和佐中の日和佐町の北方直距約6 km，また由岐町の北西方 3.5 km に位置し，牟岐線阿波福井駅下車が便利である。福井駅より土佐街道（バス運行）を南下すること約6 km で本鉱山名の由来する星越峠に至る。同峠から山元までの 1.5 km の間は藤田鉱業時代の鉱山専用道路でトラックを通じ，交通，運搬ともに比較的便利である。

5. 地形

一帯は NE-SW 方向を示す海岸線に平行して，標高300～500m の山峰が起伏する。鉱区は後世山（海抜539.2 m）に連互する 366 m 峰の北斜面にある。山頂附近は比較的緩傾斜を示すが，山麓は急斜面をなし，そのために谷は迫つてはなはだ狭隘である。露頭は 366 m 峰の北斜面，海抜 200～300 m の高さに，EW の方向へ約 600 m にわたつて延長する。地形的には採掘条件は良く，冬季の積雪もまれで，年間を通じ作業上の支障はない。

6. 地質

地質は主として頁岩質砂岩と頁岩の薄い互層からなり，所により厚さ数 m～10数 m の砂岩や数 m の角岩を挟む。含マンガン鉄鉱床に近接して，一部に輝緑岩を介在し，頁岩は千枚岩状を呈する。その一般走向は EW で，傾斜は 40～60°N を示し，鉱区の西辺では走向方向が N50～60°W に湾曲し，著しい断層，褶曲構造はなく，概して単調である。

本層は甲ノ浦図幅の安芸川層群，また鯛山図幅の日野谷層群にあたり，ジュラ紀～白亜紀に属するものと思われる。

7. 鉱床

含マンガン鉄鉱床は砂岩頁岩互層中に層状に胚胎し，366 m 峰の南斜面にほぼ EW に約 600 m にわたつて延長し，なおその西方（隣鉱区）に 100 m を追跡しうる。

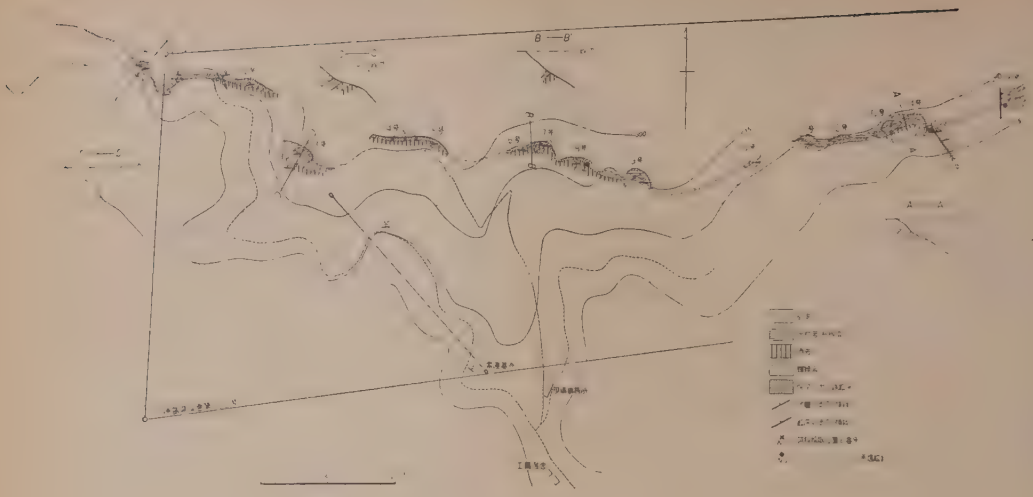
鉱床の上盤は，千枚岩・粘板岩ときに砂岩からなり，下盤は輝緑岩→角岩からなり，ときには輝緑岩を欠き，角岩・粘板岩に直接することがある。厚さは 2～10 m であつて，かなり膨縮している。

おもな鉱体は，上記の長大な一条で，その他にその南に平行して延長 50 m の3号鉱体が知られている。

従来この種鉱床に関しては，鉱層説と交代説の対立があるが，注目すべきは，主鉱体に平行して多数の厚さ数 cm～10数 cm のレンズ状の小塊が累層状に挟まれ，その産状は外観上整合的に胚胎されることである。鉱体は赤褐色を呈する含マンガン鉄鉱（赤褐鉱と呼んでいる）を主とし，母岩とは常に明瞭な境界をもつ。

鉱床の露頭は西より1号坑，2号坑，‥‥16号坑と呼

* 通商産業事務官



第 1 図 星越鉱山鉱床図

ばれ，そのうち 1 号坑・3 号坑・8 号坑・11 号坑・13 号坑・16 号坑は最近まで一時採掘，あるいは現在稼行中のものである。15 号坑は 14 号坑の下部の坑道をいう。

1 号坑：走向 N80°E, 傾斜 55°N, 延長 15 m, 幅員 3～4 m。

（以下記述を本項に準じ走向，傾斜，延長，幅員の文字を省略する。）

現在露頭下部 5 m まで掘下つている。赤褐色堅緻な含マンガン鉄鉱の，不規則な割れ目に沿つて，黒褐色の強い光沢を有するベニガラ鉄鉱を産し，とくに下盤際では幅 20 cm をもつて鉱体の走向方向に延長する。

本露頭の西方には，なお隣鉱区へ 100 m 余延長し，また東方へはいわゆる赤盤となり 2 号坑に続く。

2 号坑：N80°E, 50°N, 15 m, 4～5 m。

赤盤を主とするが，かつて露頭際では高品位の二酸化マンガン鉱を採掘したといわれ，現在露頭面より 10 m 余掘下つているが，二酸化マンガンの薄い被膜が随所に附着している。下盤側は 1 号坑同様輝緑岩であるが，下盤寄りには幅 0.15 m のレンズ状の赤白珪岩の薄層を挟む。

3 号坑：N80°E, 40°N, 50 m, 2～7 m。

露天掘りとともに一部坑内掘りを行なつている。良品位の含マンガン鉄鉱を産し，鉱体の上盤際近くの 2～3 m 間に Mn 37～42 %の炭酸マンガン鉱帯がある。また割れ目に沿うズレが，鉱体の東部に向かつて著しく，これに沿つてベニガラ鉄鉱を介在することおよび鉱体下盤の輝緑岩に接近して，赤白珪岩の薄層を挟むことは 1 号坑と同様である。

4 号坑・5 号坑：EW, 65°N, 70 m, 3～7 m。

EW 方向に延長する露頭で，単調な赤盤の壁が屹立している。東端の 5 号坑では僅かに割れ目のズレがあり，一時探鉱した形跡がある。

6 号坑：N80°W, 50°N, 8 m, 1～4 m。

露頭を 2.5 m 掘進した探鉱跡があり，かつて二酸化マンガンの高品位鉱を産したといわれる。

7 号坑：N80°W, 60°N, 15 m, 5～6 m。

赤褐鉱を主とし，上盤際にズレ目が多い。古く高品位の二酸化マンガン鉱とともに炭酸マンガン鉱を産したということである。現在露天掘り中で現鉱業権者によりマンガン鉄として 20 t を産したといわれる。

8 号坑：N80°W, 55°N, 12 m, 10 m。

鉱床の上盤と下盤側に，上下 2 m の間隔をおいて N20°W 方向に掘進した浅い水平坑がある。赤褐鉱を主とし，下盤際には N50°E, 45°N, N85°E, 50°N の裂罅に沿つて二酸化マンガン鉱（厚さ 1～2 cm）の薄膜が網状に生成し，上盤際にはレンズ状をなす炭酸マンガン鉱（厚さ 3～5 cm）があり，これらが採掘されている。

9 号坑：N70°W, 60°N, 20 m, 3～5 m。

本鉱体は古く数 1,000 t の二酸化マンガン鉱を露天掘りしたといわれ，その採掘跡は鉱床の上盤の青灰色千枚岩が 7～8 m の懸崖をなして EW に 20 m 続いて残つている。下盤側は崖錐に覆われて不明であるが，1 号坑・3 号坑と同様にズレ目の発達した上盤際にベニガラ鉄鉱を介在する。注意すべきことは，上盤の千枚岩中には層厚 10～20 cm の帯状の赤褐鉱扁平小塊が多数本鉱体と平行して配列することである。

10 号坑：N80°E, 60°N, 12 m, 3～6 m。

9 号坑の東方に約 60 m を距てる。採掘されたのは約

第　1　表

番号	採取場所	鉱石区分	分析結果 Fe (%)	Mn (%)	SiO_2 (%)	摘要
1	1号坑	赤褐鉱	11.25	0.85	80.46	
2	4号坑	〃	11.19	0.62	82.88	
3	7号坑	二酸化マンガン鉱	1.02	21.18	62.94	
4	8号坑	炭酸マンガン鉱	2.45	36.68	23.21	出鉱中
5	9号坑	ベニガラ鉄鉱	33.93	0.85	43.08	
6	13号坑	赤褐鉱	35.05	8.44	28.22	出鉱中
7	〃	〃	2.93	28.92	27.22	〃
8	15号坑	〃	33.61	1.20	27.42	〃
9	〃	〃	5.98	0.46	11.37	
10	16号坑	二酸化マンガン鉱	2.33	33.05	20.30	出鉱中

分析：化学課

40年前といわれるが，二酸化マンガン鉱帯はすでに採掘し尽されて赤褐鉱のみからなる。

11号坑：N80°W, 60°N, 16 m, 3～5 m。

鉱体の東寄りに30～40年前の二酸化マンガン鉱帯の採掘跡があり，凹地となつて，現在は残鉱掘りが行なわれている。

12号坑：EW, 60°N, 15 m, 3～5 m。

鉱体の東寄りに下部から3 m 掘進した探鉱跡がある。低品位の赤褐鉱である。

13号坑：N75°E, 50°N, 20 m, 5～7 m。

従来露頭部では高品位の二酸化マンガン鉱を産し，現在はそれより 5 m 余掘下り，高品位の赤褐鉱を稼行している。

鉱床の上盤は千枚岩状粘板岩，下盤は輝緑岩で上盤際に高品位部があり，幅 1 m の間に厚さ数 cm の鉱体が縞状をなしている

14号坑：N80°E, 50°N, 10 m, 7～9 m。

低品位の赤褐鉱を主体とし，下盤寄りに掘進した7 m の探鉱坑道がある　13号・14号坑鉱床には鉱体を切る南北性の小断層が発達し，とくに14号鉱体の東方では地層とともにかなり擾乱している。

15号坑：14号鉱体の下部の採掘を計り，比高約 20 m をおいた南斜面下部(下盤側)から行なわれた立入坑道である　24～25年前の開坑といわれ，坑道は N45°W 方向に掘進約 35 m で着鉱している。現在は鉱体上盤寄りに発達するズレ目のベニガラ鉄鉱を出鉱している

16号坑：N70 E, 80°S, 15 m, 3 m

15号坑の東方約 50 m を距つ　西方の諸鉱体とやゝ形態を異にし，3個の塊状鉱塊の集合体で連鎖状に EW の配列を示す　赤褐鉱を主とするが，露頭部に二酸化マンガン鉱の高品位鉱を産する。

8. 鉱石および品位

鉱石は主として緻密堅硬で，赤褐～赤紫色を呈する含マンガン鉄鉱(本文では赤褐鉱と呼称した)からなり，Fe＋Mn＜40％の貧鉱が大部分である。鉱石の品位 Fe＋Mn＞40％鉱を得るには手選を要する。鉱体中，つねに上盤寄りに発達するズレ目に沿つては，ベニガラ鉄鉱を介在するが，組成的には赤褐鉱と同質で，赤鉄鉱と硬マンガン鉱からなり，含有鉄分は赤褐鉱より高い。

また本鉱床の開発が当初マンガン鉱として稼行された歴史を有するように，露頭部近くでは高品位の二酸化マンガン鉱を多産し，現在鉱場は傾斜方向に数 m～10 数 m 掘下つているが，なお上盤寄りに胚胎する炭酸マンガン鉱とともに稼行対象となつている。

今回採取した試料の化学分析の結果は第1表の通りである。

稼行している主要鉱石の赤褐鉱は，Fe＋Mn＝35～40％，SiO_2＝20～28％であつて品位はやゝ劣る。

9. 鉱　量

鉱体は走向延長 600 m, 平均幅員 5 m で鉱床の規模はかなり大きいが，鉱石品位は低く，Fe＋Mn＝40％以上を堅持するためには，歩留りが全鉱量の 10％以下とみなされる。鉱体の傾斜方向には 15 号坑坑内で確認している通りであり，鉱況には大変化もないので，なお深部にかなり延長するものと期待される。前記の低品位鉱を含む鉱量は，数 10 万 t に達するであろうが，稼行の対象となりうるものは数万 t にとゞまるものとみなされる。

10. 結　語

本鉱床は中生代安芸川層群中に，その層理に沿つて走向ほゞ EW，傾斜 60°N に胚胎する層状の含マンガン鉄鉱である。

鉱床の規模は走向延長 600 m，幅員 5 m でかなり大きく，全鉱量は数 10 万 t 級であるが，鉱石品位は低く Fe＋Mn 40 %以上の鉱量は数万 t にとゞまる。

幸い鉱石の販路は阪神方面にあり，立地条件としては恵まれているので，鉱石処理技術の進歩により今後中小鉱山として発展することが期待される。

(昭和 32 年 6 月調査)

553.495：550.835(521.12)

岩手県宮守・附馬牛・栗橋地区ペグマタイト鉱床調査報告

奥海　靖*

要　旨

1)　宮守・栗橋両地区のペグマタイト鉱床は，すべて遠野花崗閃緑岩中に胚胎する。

2)　ウランとしては，栗橋地区の鷲の滝鉱床が注目される。

1. 緒　言

昭和31年11月26日から12月6日まで岩手県下宮守・附馬牛および栗橋の3地区のペグマタイト鉱床の放射能異常調査を実施したので報告する。

3地区のペグマタイト鉱床は，すべて遠野花崗閃緑岩中に胚胎する。

放射能測定には，Philips pocket battery monitor PW 4010 を使用した。

本調査にあたり，とくに附馬牛地区については，東北大教授大森啓一氏から御指導を賜わつた。記して謝意を表する。

2. 地区各論

2.1 宮守地区

本地区は上閉伊郡宮守町と遠野市綾織町にまたがり，いわゆる遠野街道にそつた地域である。

本地区は遠野花崗閃緑岩の南西部にあたり，寺沢山鉱床および滝沢附近の4鉱床（滝沢 ABC および D鉱床）が含まれる。

2.1.1 寺沢山鉱床

釜石線，宮守駅の東北東直距 6.5 km の寺沢山にある。調査当時には休山しており，珪石・長石の良質部は採掘済みで，現在は周縁部の石英と長石の混交部がみられるにすぎない。鉱床は走向 N40°E，南東に 50° 傾斜するレンズ状をなし，全体の規模は走向方向に約 40 m，傾斜方向に約 15 m，厚さは膨縮するが約4 m 位と推定される。現在みられる周縁部では，厚さは 1～1.5 m である。

放射能強度は次の通りである。

測　定　場　所	cpm
ペグマタイト黒色鉱物の濃集した部分	69～84
ペグマタイト黒色鉱物の濃集した部分	45～63
花崗閃緑岩	35

* 鉱倉局鉱業事務官

組成鉱物は主として石英と長石からなり，鉄雲母・白雲母・電気石等を伴なう。放射性鉱物としては褐簾石・フェルグソン石が知られている。

ウラン鉱床としては，鉱物の濃集も少なく，期待されない。

2.1.2 滝沢鉱床

遠野街道，宮守町と遠野市の境界小峠の南東約 600 m の滝沢橋附近に点在する鉱床群で，A,B,C,D の4鉱体が知られている。

A鉱床：本鉱床は滝沢橋の上流約 500 m 地点にあり，南北 100 m，東西 30 m の範囲に5～6個の旧坑（あるいは掘跡）がみられる。現在みられる鉱床は，花崗閃緑岩中の小レンズ状をなし，石英のみからなる。放射能強度は花崗閃緑岩で 25 cpm を示し，脈状石英質部でも異常は全く認められない。

B鉱床：滝沢橋の南方 80 m，街道の東側山腹にあり，南北約 120 m，東西約 30 m の範囲に旧坑（あるいは掘跡）が点在している。観察できるものは最上部のもので，厚さ 40 cm（最大部分）長さ5 m の小レンズ状をなし，石英からなつている。放射能強度は周囲の花崗閃緑岩で 29 cpm を示し，石英質部でも異常なく，放射性鉱物も認められない。

C鉱床：B鉱床の南 100 m の地点にあり，約 10 m 平方の範囲の掘跡があるが，ほとんど埋没して詳細は不明である。砕山中の石英と長石の混つた鉱石で 50 cpm（この地点の Background の約2倍）を示したものがあつたにすぎない。

D鉱床：C鉱床の東方に隣接する鉱床で，南北 100 m，東西 20 m にわたり掘跡があり，その東端，道路地並から N55°E 方向に 40 m 以上掘進み，下部を採掘したものと思われる。調査当時は一時休山中の模様であつた。

最上郡附近にみられるものは，レンズ状石英脈で，放射能強度にもとくに変化なく，放射性鉱物もみられない。

以上記述した本地区のペグマタイト鉱床中，ウラン鉱物の認められたものは寺沢山鉱床のみであるが，この鉱床もウランの鉱床となる期待は薄い。

2.2 附馬牛地区

本地区は猿ケ石川の上流にあたる地域で，遠野駅（釜石線）の北方直距 9 km の上柳部落から猿ケ石川に沿う上流地域と，その支流荒川に沿う地域である。位置的には遠野花崗閃緑岩の中央部に位する。

鉱床は多数の小規模なペグマタイトおよびアプライトからなり，猿ケ石川には平均約 15 m に 1 本の割合で分布する。

これらの脈は東西方向のものが多く，南北のものは少ない。また前者の方が脈の規模は大きく，幅 1 m のものもみられる。

一般に脈の周縁部はペグマタイト質で，ピンクパーサイト・チタン鉄鉱を産するに対し，脈の中央はアプライト質である。したがつて本地区のペグマタイトは，脈の上部が露出しているもので，その深部が露出するか，あるいは深部を探鉱しない限り，ウラン鉱物その他のペグマタイト産の諸鉱物を期待することはできない。

なお放射能強度は，母岩の 30～40 cpm に対し，脈は 50 cpm 前後である。

2.3 栗橋地区

本地区は釜石市の北西部，旧栗橋村にあたる地域で，その中心は鵜住居駅（山田線）の西北西直距 11 km の鵜住居川沿岸の沢部落（旧役場所在地）である。位置的には遠野花崗閃緑岩の東縁部にあたり，調査したペグマタイト鉱床は次の 2 つである。

鉱床名	位置
横内	沢部落の北方直距 6 km
鷲の滝	沢部落の西北西直距 4 km，鷲の滝

2.3.1 横内鉱床

本鉱床は珪石・長石の良質部はすでに採掘済みで，現在はその周辺の石英・長石の混交部のみであるが，走向 N80°W，南に 50° 傾斜し，東西，南北ともに約 20 m，厚さ約 6 m のレンズ状鉱床と推定される。

放射能のとくに著しい部分もみられず，したがつて放射性鉱物の濃集は考えられない。

なおこの北東直距 600 m に旧坑らしいものがあり，坑内は崩落しているが，附近に石英・長石からなる砕があり，おそらく小規模な鉱床が存在したものと推察される。

2.3.2 鷲の滝鉱床

本鉱床も珪石・長石の良質部は採掘済みで，現在みられる部分はその周辺部である。

走向 N40°E，南東に 20° 傾斜し，東西 25 m 以上，南北 20 m 以上，厚さ 10 m 内外のレンズ状鉱床と推定される。現在みられる周辺部では，上，中，下の 3 帯に分けられ，上帯は幅約 4 m，主として石英・長石・雲母の混り，下帯は幅約 3 m，主として石英・長石の混りからなり，放射能強度はともに 100 cpm である。

中央は幅約 2 m で，石英・長石・雲母のほか放射性鉱物が比較的濃集し，放射能強度も平均 200～300 cpm で最高 600 cpm を示す。

放射性鉱物にはユークセン石・褐簾石がある。ウラン鉱床として，鉱物が比較的濃集し，かつ分布が帯別できる点で，注目される。

3. 結　言

1) 遠野花崗閃緑岩中には，今回調査したペグマタイト鉱床のほかにも，多くのペグマタイト鉱床が存在するが，いずれも小規模なものであり，ウラン鉱床としても今後早急に調査を実施する必要はないと思われる。

2) 今回調査したもののうち，栗橋地区の鷲の滝鉱床は，ウラン鉱物が比較的多く濃集し，その分布が帯別できる点で注目される。

（昭和 31 年 11 月調査）

553.495：550.835(521.83)

岡山県蒜山原における坑井の物理検層報告

佐野 浚一　小谷 真隆

1. 坑　井

位　　置　岡山県直庭郡川上村大森
掘さく目的　花崗岩を基盤とする第四紀ないし第三紀層中のウラン鉱床の探査
掘さく深度　118 m
ケーシング　0～28 m　83 mm ケーシング
　　28～90 m　73 mm ケーシング
　　90～118 m 裸坑(ビット径 55 mm)
水　　位　117～118 m より溢水(360 l/min)
泥水性質　省　略

2. 検　層

2.1 放射能検層

検層器　小型放射能検層器
測定深度　0～117.45 m 深度基準　鉄管頭(地並より 15 cm 上)
測定条件　レインジ 3×10^4cpm
　　感度 7.5×10^4cpm/ (mR/hRRa)
　　時定数 1 sec　巻上速度 5.7～2.9 m/mim

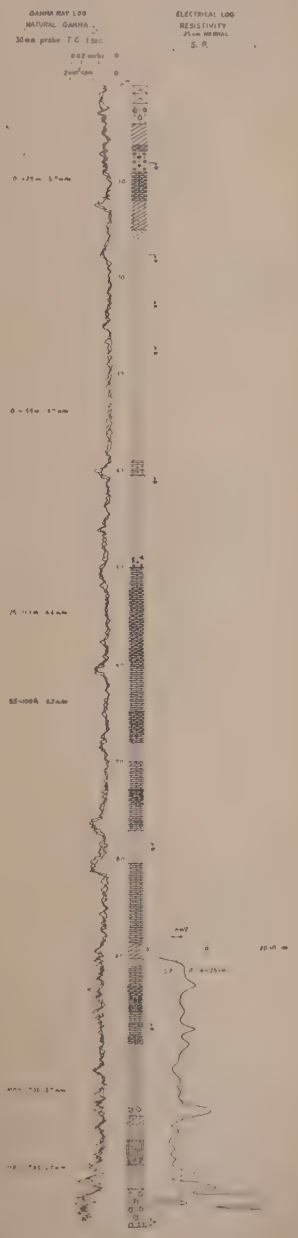
2.2 電気検層

検層器　地質調査所型電気探鉱器
測定深度　90～117.20 m 深度基準　同上
測定曲線　S.P. および Normal 比抵抗
測定条件　電極間隔 25 cm，電流 11～24 mA
　　巻上速度　ロッドを使用し 0.5 m 間隔で測定

2.3 測定結果

測定年月日　昭和 33 年 12 月 19～20 日
検層図　第 2 図参照
地質柱状図　試錐課伊藤吉助による(第 1 図・第 2 図)
放射能異常　認めない
その他　珪藻土層中ないし珪藻土層の境界附近および帯水層の附近において，放射能強度の高い部分が認められる。
110 m 以深の高抵抗部分は，玉石礫・花崗岩礫・安山岩礫を含むが，高放射能強度の部分は花崗岩礫にそれぞれよるものと思われる。
S.P. の変化は認められない。(昭和 33 年 12 月調査)

第 1 図　地質柱状図説明



第 2 図　坑井名　〃 山原
測　定　33 年 12 月
深　さ　118 m

553.621 : 550.85 (523.1)

徳島県長柱珪石鉱山調査報告

清島信之*

1. 緒　言

徳島県の要請に基づき，地質・鉱床状態を明らかにするため，9月25日から29日まで，稼行中の長柱珪石鉱山の調査を行なつた。

調査にあたり，種々御高配に預つた県商工課佐坂治二主事に対し，こゝに深甚の謝意を表する。

2. 鉱区関係

鉱区所在地　徳島市勝浦郡勝浦町長柱
鉱区番号　徳島県採登　129号
鉱種名　珪　石
鉱業権者　岡山県玉野市築港7371
加藤非金属鉱業株式会社　加藤　密

3. 沿　革

前大戦中，横石弁吉が稼行し，岡山・阪神方面に耐火煉瓦原料として販路を有し，月産 700 t に及んだ。昭和30年5月，現鉱業権者が買山し，長柱鉱山として引続き稼行し現在に至つている。なお周辺には同じく前大戦中に盛んに稼行され，現在は休山中の坑場が多い。

4. 位置および交通

徳島市の南方 10 km，小松島市の南西 5 km に位置し両市からは那賀川を遡行し，那賀郡木頭村方面に至るバスを利用する。

第1図　長柱鉱山位置図

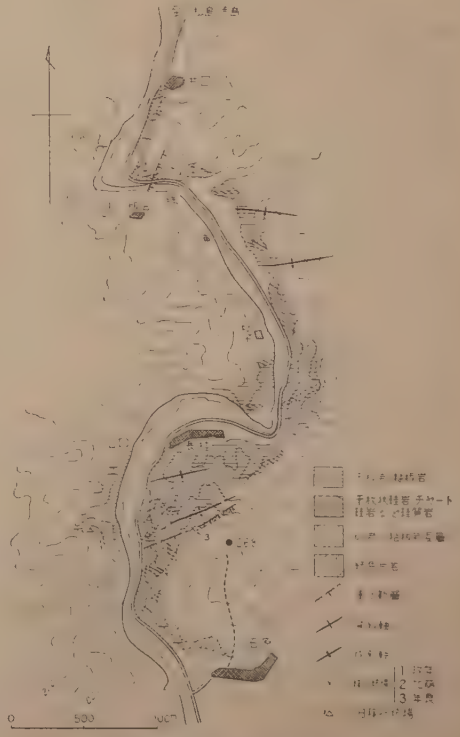
稼行坑場は表柱部落の南方後背山地に散在し，バス道路から5～20分を要する。

5. 地　形

当地域は四国背梁山脈の東端に位置し，標高 300～700 m の山岳が東から西に漸次高度を増して連なる。概して地勢は急峻で，急崖をなす箇所が多い。那賀川とほゞ平行して東流する勝浦川は当地域南部で急に北折し，山脈を横切り徳島市に至る。

6. 地　質

地質は秩父古生層の主として千枚岩・珪岩・砂岩からなるが，これらは外観上では千枚岩質粘板岩・珪質粘板



第2図　長柱鉱山附近地質図

岩・珪板岩・千枚状珪岩・チャートなど岩相の変化に富む。

当地域の見掛上の下盤は，地域北方の井口に始まる千枚状珪岩である。これより粘板岩と互層し，飯谷対岸で

* 四国駐在員事務所

は一部に緑色含絹雲母)片岩を挟在する。緑色片岩のみられるのはこの地点だけであるが，千枚状珪岩・粘板岩とは明らかに整合関係にある。砂子対岸に至ると千枚状珪岩の厚層があり，チャート質部と塊状珪質部とが相互に移化し，塊状珪質部で純度の高い部分には，過去に珪石として採掘された箇所もある。さらに上盤に向かうに従い，長柱部落南方でふたゝび優勢な珪岩層が発達し，これが長柱鉱山やその西方対岸の平石山(標高 642.0m)の東方斜面において従前採掘の対象となつた。

本層以南は石原部落に至るまで，地層は全体に南に急斜し，粘板岩・砂岩の互層が発達する。

7万5千分の1劔山図幅（5万分の1地形図幅阿波富岡の西方隣接）によれば，これら累層は劔山層群と命名され，当地域より広く西方に分布し，北は御荷鉾構造線で長瀞変成帯の変成岩類と接し，南は断層によつて上部層の沢谷層群と接する。

地層の一般走向は EW～N70°E で，傾斜はSに緩急斜するが，褶曲・断層が多く，地層の擾乱が激しい。しばしば逆転構造もみられる。これら構造線は，主として E-W 性でついで NW-SE, NE-SW 方向も多い。

7. 鉱　床

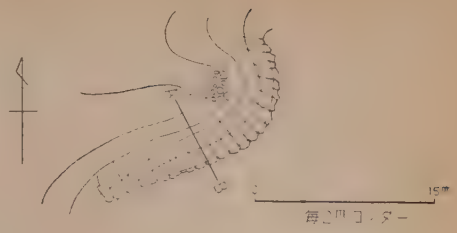
鉱床は粘板岩と互層する珪岩層で，前述のように所により千枚状珪岩・チャートなどと種々な岩相を呈する。目下採掘の対象となつている珪岩層は，長柱部落南方の後背山地中に位置する高距約 100 m を距てた上下の2層である。珪岩は新鮮なものは白～灰白色であるが，多くの場合露頭際では酸化鉄に汚染され，灰橙・灰黒色の露岩として地上数 m に突起する。鉱区内には次の3坑場がある。

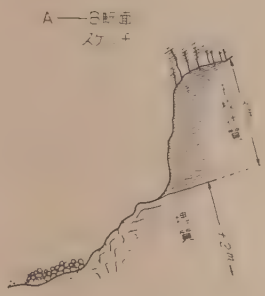
(1)　政年坑場

採掘中のものは2層のうちの下層である。バス道路から上ること数分の近さにあり，その露天掘りの広さは 10 m×15 m で南側が高さ 5 m の壁となつている。珪岩層の走向は N70°E, 傾斜 22°N で上盤際3 m は千枚状珪岩，下盤際2 m は塊状質で，塊状質部を採掘している。岩質は灰白・灰黒・灰橙と種々な色を呈し，風化が著しく脆弱である。採掘鉱石は 20～30 cm の小塊として搬出する。

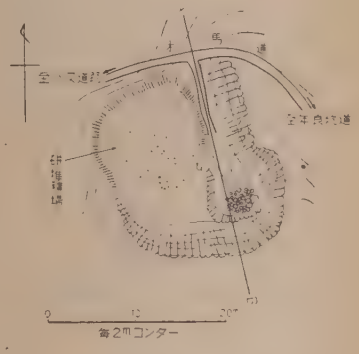
(2)　加藤坑場

平面積 20 m×20 m の露天掘で，南東方の壁は坑底から 10 m 以上の崖となつている。珪岩層は走向 N80°E, 傾斜 20°N で政年坑場は本層の傾斜延長上に位置する。確認される層厚は，10 m 以上で上盤近くに層厚30 cm の珪板岩の薄層を挟在する。現在までの採掘切羽は走向延長にも傾斜延長にも各 20 m に及んでいる。岩質は灰白ないし乳白色を呈し，塊状脆弱である。





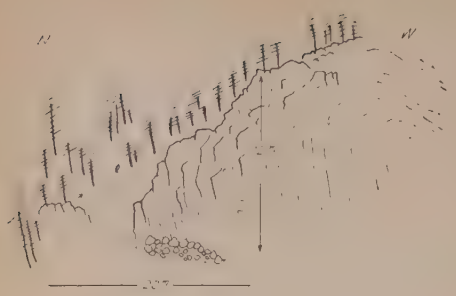
第3図　政年坑場見取図



第4図　加藤坑場見取図

(3)　年良坑場

稼行層は上層で，3坑場中最高位置にあり，バス道路から 150 m 余の急斜面にある。露天掘坑場は走向に採掘が進み，広さ 65 m×10 m で南側は高さ 12 m の崖となつている。走向 N66°E, 傾斜は垂直に近く，前2坑場と反対で南に急斜し，露頭部では衝上断層による逆転構



第 5 図 年良坑場スケツチ

造が観察される。層厚は数 10 m に達するが，上盤に向かうに従い珪板岩質となり品質は低下する。採掘は下盤際の厚さ 10 m の部分で，岩質は灰白ないし灰黒色，前2坑場に較べやゝ堅緻である。

8. 鉱 石

古生層の白珪石として一般的なものであるが，灰白・乳白・灰橙・灰黒と種々な色を呈し，比較的多くの粘土物質を介在し，風化が著しいため岩質は脆弱で，いわゆる軟珪石に属する。採掘はいずれも露頭部から浅い所までであるため，酸化鉄の汚染で外観は悪いが，品質的には外観の感じほど低品位のものではない。

3 坑場の稼行鉱石はいずれもほゞ同質で大差はなく，

分 析 表

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	MnO	耐火度	計 (%)
95.86	1.57	0.85	0.38	0.21	tr.	S.K. 34	98.87

分析： 宇野耐火煉瓦 K.K.

耐火煉瓦原料としては SiO_2 の含有量の点でやゝ劣るが，耐火モルタル用として好適である。

9. 現 況

労務者は各坑場とも 2～6 名が従事しており，3 坑場の合計月産額は 100～150 t である。

鉱石は各坑場からバス道路側の貯鉱槽まで木馬運搬のうえ，トラックで小松島港に輸送し，宇野港まで機帆船により宇野耐火煉瓦株式会社にモルタル用原料として給する。

10. 結 語

鉱床は古生層中の白珪石で，珪岩層は上下の 2 層があり，その埋蔵量は膨大であるが，珪石としての一般的な品質は劣る。しかしその風化が進み，粗鬆，かつ脆弱になつた部分は，軟珪石としてモルタル原料に適性を有し，稼行の対象となつている。稼行上の難点として岩質にむらがあり，今後も選択的な採掘を行なう必要がある。

(昭和 32 年 9 月調査)

553.611 : 550.85 (521.24)

群馬県横川附近のベントナイト鉱床

種村光郎*

1. 緒言

昭和31年9月下旬から10月上旬にわたり，群馬県横川町から原市町にわたる地域のベントナイト鉱床の調査を行なつた。横川ベントナイト鉱床は，日本におけるベントナイト鉱床の3大産地の1つに数えられ，新潟県・山形県の産地とともに古くから知られている。また鉱床学的に他の2産地と異なり，層状の堆積鉱床でベントナイト層は延々数kmにわたつて分布が認められる。横川附近には現在数鉱山が稼行中で，年産約5万tに達する。鉱物組成については現在研究中であるので，第2報として報告する予定である。

調査，研究に際して種々御教示を賜わつた東京教育大学教授須藤俊男，東京大学教授岩生周一ならびに調査に際し格別の便宜を与えられた豊順鉱業株式会社技師橋爪一生の各氏に厚く御礼申しあげる。

2. 位置・交通および地形

横川ベントナイト鉱床は，群馬県碓氷郡横川町松井田町・磯部町・原市町にわたる東西約12km，南北約6kmの地域に分布している。この地域は，標高100m前後の丘陵性の合地で，地域の南西方には妙義山があり，やや急峻な山容をなしている。河川は地域の中央を東西方向に流れる碓氷川があり，この川岸は10数mに達する急峻な断崖をなしている。

この碓氷川沿いに信越線が走つており，交通は便利である。

3. 地質

本地域の地質は碓氷層群に属する礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩の互層からなり，これらをその岩相により次のように区分することができる註1)。

第四紀層	軽石および河川堆積物
	ローム層・軽石層
	河成段丘堆積物
第三紀層	安中層
	原市泥岩層
	聖明寺砂岩層
	磯部互層
	塚原泥岩層

塚原泥岩層ないし安中層の地質時代は，第三紀，中後期中新生と推定されている[3]。

3.1 塚原泥岩層

本層は調査地域内の最下部層で，西横野村塚原の碓氷川河床に標式的に露出している。本層は灰黒色のやゝ固い無層理塊状泥岩を主とし，凝灰岩・凝灰質砂岩の薄層を挟有している。全層厚は不明であるが，測定される範囲だけで300m以上に達している。

凝灰岩質部分はモンモリロナイト化作用を受けて変質し，軟弱で崩れ易い。

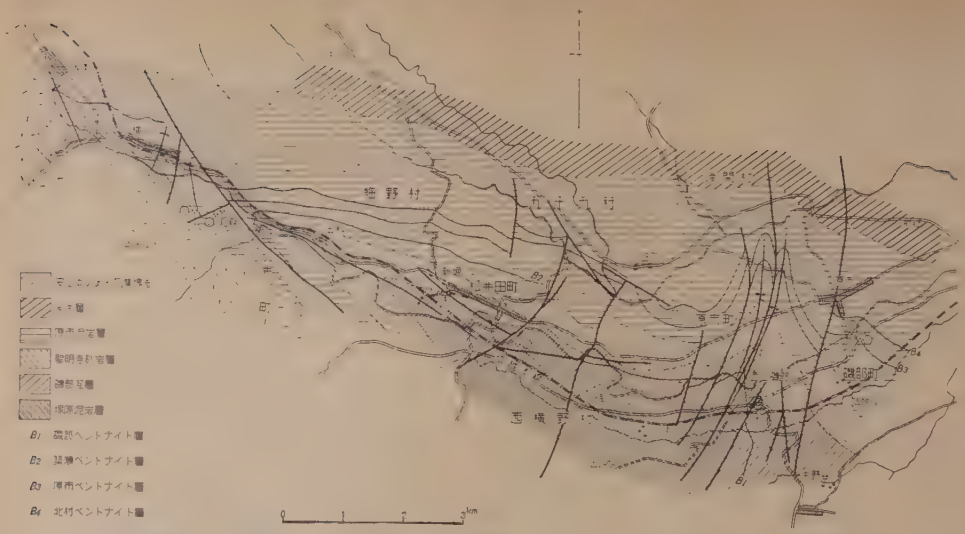
本層は化石の研究から底水温度10°C以下，深度300～500mの陸棚先端を外れた所の堆積物であると考えられている[3]。

第　1　表

鉱山名	位置	事業主	生産高	人員	備考
北山ベントナイト鉱業	群馬県碓氷郡松井田町横川	北山嘉一郎	約80 t/月原土	7	
豊順ベントナイト鉱業	〃	中村彌助	2,200 t/月原土 1,700 t/月粉末	110	
白石ベントナイト鉱業	〃				休山
碓水ベントナイト鉱業	〃	岡部松太郎	120 t/月原土 110 t/月粉末	18	
春日鉱山	〃	春日邦雄	90 t/月	11	
東和ベントナイト鉱業	〃 八城		60 t/月	12	
桜井ベントナイト鉱業（榛名化学工業）	〃 安中町薬瀬	桜井喜由	250 t/月原土 150 t/月粉末	27	
青山ベントナイト鉱業	〃	春山繁	200 t/月原土 100 t/月粉末	22	

* 元新員

註1) この岩相区分は石和田靖章の地層区分に従つた。



① 豊順ベントナイト鉱業 ② 碓氷ベントナイト鉱業 ③ 白石ベントナイト鉱業 ④ 春日鉱山
⑤ 東和ベントナイト鉱業 ⑥ 青山ベントナイト鉱業 ⑦ 桜井ベントナイト鉱業

第 1 図

3.2 磯部互層

磯部互層は塚原泥岩層から漸移するもので，磯部町附近の碓氷川の川床に標式的に露出している。主として泥岩・砂質泥岩の互層からなり，黒雲母石英安山岩質凝灰岩および凝灰岩質泥岩の薄層を挟有する。泥岩は帯青暗灰色ないし帯黄黝色で，一般に砂質泥岩の方が泥岩より硬いため，風化面では凹凸をなしている。互層のそれぞれの層厚は数 cm から数 m である。

黒雲母石英安山岩質凝灰岩は淡青色を呈し，モンモリロナイト化作用を受け軟質となつており，現在萩原鉱業株式会社が，これをベントナイト鉱として採掘している。またこのベントナイト層の下位にあるベントナイト化した凝灰岩質泥岩の一部を，東和ベントナイト鉱業株式会社が採掘している。

3.3 聖明寺砂岩層

聖明寺砂岩層は磯部町鉱泉橋下流から聖明寺を中心とし，横川町にかけて帯状に露出している。下位の磯部互層を整合的に被覆し，基底には 1～2 m の凝灰岩がある。岩質は一般に下部では磯部互層と類似しているが，上部は無層理淡青色細粒砂岩である。

3.4 原市泥岩層

原市泥岩層は磯部町の東の碓氷川，あるいは九十九川川床に標式的に露出しており，下位の聖明寺砂岩と整合的に累重している。岩質は上半は灰黒色無層理泥岩，下半は帯青色無層理砂質泥岩で，凝灰岩・凝灰岩質砂岩層を挟有し，また径 5～30 cm の泥岩および頁岩の団塊が介在する。また泥岩層中にはほゞ垂直の方解石細脈が認められる。本層のなかには凝灰岩層が 6 層あり，そのうち下部の 3 層が最も発達良好で 1～3 m の層厚があり，いずれもモンモリロナイト化作用を受けベントナイト層となつている。石和田靖章はこれら 3 層を下から簗瀬凝灰岩・原市凝灰岩および北村凝灰岩と呼んでいる。3 層のうちとくに原市凝灰岩層がベントナイトとして最も良好のようである。

本泥岩層は水深 200～300 m，底水温 10°C 程度の陸棚先端の堆積物と推定されている[3]。

簗瀬凝灰岩

本層は基底から約 100 m の位置に位し，松井田町の北方名山鉱泉附近が最も発達良好で，横川町西方および南方にもその分布が認められ，層厚は 1～3 m で淡灰色・淡青色を呈している。一部では泥岩との細かい互層をなし，厚さが 15 m に達することがある。現在豊順鉱山・春日鉱山・白石鉱山・碓氷鉱山により採掘されている。

原市凝灰岩

原市凝灰岩は簗瀬凝灰岩の上位 70 m に位置し，約 2 m の層厚があり，淡灰色ないし淡青色を呈している。原市町から九十九川流域に広範囲に連続分布している。諸所に採掘跡があるが，現在では青山ベントナイト・桜井ベントナイト鉱山により採掘されている程度である。

北村凝灰岩層

原市凝灰岩層のさらに約 20 m 上位の凝灰岩層で，九十九川流域では厚さが 6 m あるが，一般に不定である。岩相は上部では浮石塊を多く含み，また下部では泥岩礫を多量に含んでいる。浮石は粒径 1 cm の円礫で軟質である。

3.5 安中層

安中町附近に標式的に露出する地層で，礫岩・砂岩・泥岩の互層からなり，また亜炭層を挟有している。

3.6 安山岩類

妙義山を構成する安山岩類は，複輝石安山岩と同質集塊岩からなり，安山岩は熔岩流をなして第三紀層を不整合に被覆している。

3.7 第四紀層

第四紀層は碓氷川沿いに相当広範囲に分布している河成段丘層であり，主として径 20 cm 程度の安山岩・頁岩・砂岩等の礫からなり，厚さは 2～4 m である。この河成段丘層は浅間火山の軽石層によつて不整合に被覆されている。軽石層の厚さは最も厚い所で約 3 m である。

4. 地質構造

この地域には断層が著しく発達し，褶曲した地層を寸断しているために構造は比較的複雑である。一般に断層附近を除けば走向は N40～70°W で，10～20°N に傾斜している。松井田町南方の碓氷川南部における走向は，E-W からやゝ NW に偏しており，南に 10° 前後傾斜している。

脊斜構造はいくつか認められ，おもなものは横川町西方の霧積川方向 (N30°W) に発達する脊斜と，松井田町南方の碓氷川沿いにある脊斜構造である。後者は大体東西の走向で，軸は五料から東方の松井田町に向かつて漸次沈下している。そのほか原市町西部に緩い波状褶曲が認められる。

断層は地層の一般走向に一致するものと，直行するものとに 2 大別することができるが，褶曲軸にほゞ平行したものが多く，しかも規模が大きく，同じ性質の小断層を随伴している。これらは褶曲運動に伴なつて生じたものと考えられる。

ようするにこの地域の構造を大きく支配しているものは，褶曲とこれに伴なつて起こつたこの軸にほゞ平行した断層であり，その後にこれらを切断するような断層が生じて，構造はさらに複雑になつたものと考えられる。

5. 鉱　床

ベントナイト鉱床は，前記した磯部互層中の凝灰岩，および原市泥岩層中の凝灰岩の変質層で，前者は磯部ベントナイト層と呼ばれ，後者は簗瀬ベントナイト層・原市ベントナイト層および北村ベントナイト層と呼ばれている。

磯部ベントナイト層は，黒雲母石英安山岩質の凝灰岩の変質したもので，厚さは 2 m 前後である。磯部町の鉱泉橋上流 200 m の碓氷川川岸の崖に，標式的に露出している。この層は往年鉱泉橋の近傍で盛んに採掘されたが，現在はほとんど休山中で，たゞ 1 カ所萩原鉱山によつて採掘されている。こゝでみられる所では，ベントナイト層は漂白作用を受けているが，全体に黒雲母がみられ，ごま塩状に斑点がみられる。膨潤度は原土で 4.2 倍であつた。

このほか磯部ベントナイト層の下部の凝灰質泥岩を，東和ベントナイト鉱業で採掘している。この鉱石は淡青色粗粒質でクリストバライトを多く含み，2.2 倍の膨潤度を示した。また近年磯部ベントナイト層のさらに下位約 20 m の所にベントナイト層があることが確認されている註2)。

簗瀬ベントナイト層は，松井田町北方から五料南部までと，横川町北部から西方丸山，坂本附近まで分布するとともに中木附近に広範囲に分布が認められる。このベントナイト層は豊順鉱業により採掘されており，層厚は豊順鉱業附近の中木地区で最も厚く，5 m あるが，松井田附近では薄くなる傾向が認められる。また中木では比較的漂白作用を強くうけ，灰白色を呈している。このベントナイト層は上盤の黒色頁岩とは漸移関係にあり，下盤は青色粗粒のベントナイト化した凝灰質泥岩で，クリストバライトの円礫および方解石の細脈がみられる。この泥岩層は，層厚 30 m に達し，膨潤度は 3.0 倍程度で，現在白石鉱業・碓氷鉱業・春日鉱業によりベントナイトとして採掘されている。

原市ベントナイト層は，原市町中ノ橋附近から九十九川を通り横川町まで発達し，とくに調査地域の東部地域で桜井鉱業・青山ベントナイト鉱業等により採掘され，ほかに現在休山中の鉱山が数カ所ある。各採掘場で多少鉱物組成を異にするが，いずれも凝灰岩が変質してベントナイトに変かつているもので，厚さは 1.5～2.2 m である。膨潤度は桜井鉱業・青山ベントナイト鉱業の鉱石では 4.0 倍で，九十九川流域では 4.0～5.2 倍程度あつた。

北村ベントナイト層は原市ベントナイト層に平行して分布しているものであるが，現在このベントナイト層は採掘されていない。これは層厚が不定であること，著しい特徴として浮石塊と第三紀層の泥岩礫を多量に含むことなどによる。しかし九十九川流域のものには膨潤度が 4.0～5 倍のものがあり，将来の探鉱に充分期待される。

以上の各鉱床を通じて，一般に背斜構造の軸にあたる部分が，翼にあたる部分に比較して高い膨潤性を示す傾向がうかゞわれる。

6. ベントナイトの鉱物組成

ベントナイトの鉱物組成についての詳細は，あらためて報告する予定であり，こゝでは概略を述べるにとゞめ

註2) 豊順鉱業株式会社橋爪一生により発見された。

る。

ベントナイト鉱石は見掛上種々の様相を示している。すなわち灰白色ないし淡黄色で緻密，蠟感を有する鉱石，同色のやゝ砂質の鉱石，あるいは粗粒砂質鉱石等がある。一般にいずれのベントナイト層も，下部は粗粒砂質ベントナイト層で，上部に行くに従い細粒緻密の鉱石となる。

これら鉱石は，いずれもモンモリロナイトを主成分とし，クリストバライト・沸石[註3]および方解石からなる。

ベントナイトの膨潤度は，上記鉱物の組合せによるものか，主成分であるモンモリロナイト独自の性質によるものかはいままでのところでは判明し難いが，少なくとも前者の鉱物組合せがより強力な役目をはたしているものと考えられる。

膨潤度が比較的高いベントナイトは，顕微鏡観察とX線試験結果によれば，モンモリロナイトがクリストバライトおよび非晶質珪酸(?)を機械的にほとんど分離し難い程度の細かさで結晶葉片間に伴なつている。

また膨潤度の低いものにはこのほか沸石および方解石を多く伴なつている

一般にモンモリロナイトの Basal spacing は 15 Å 前後であるが，この地域の鉱石の一部には 13 Å の反射を示し，明らかに脱水現象の行なわれたことを暗示するものもある。

ベントナイト層はその産状，鉱物組成およびこの地方の天然ガス（CO_2 95％以上）の産出から考えて，凝灰岩が海水中の沈積過程において変質して，ベントナイト化したもので，その後温泉作用が一部地域に行なわれ，沸石が生成されたものと考えられる。

これら温泉作用を伴なうガスの生成は，第四紀の浅間火山や榛名火山活動に関連深いものと考えられる。

7. 現　況

この地方の採掘方法はいずれも坑内採掘を実施している。

鉱石は原鉱のまゝ粉粋工場に売鉱される場合と，自家粉粋工場で製品化される場合とがある。

粉粋工場には高速度粉粋のみで製品とするところと，さらに粉砕物を風簸により各粒度別に分級している場合の2種類がある。

前者の製品のほとんど全部と，後者の低級品は農業土木，建築土木関係（客土，土壌漏水防止・冷害防止・老朽化防止等）に使用され，後者の高級品は重工業（鋳型用），軽工業（煉炭等）方面に使用されている。全製品の30％は農業土木，建築土木方面に，40％が重工業方面に，20％が軽工業関係に使用されている。

8. 結　論

横川ベントナイト鉱床は，第三紀中新世に属する海成層中の凝灰岩が，沈積過程の変質により生成したものでおそらく第四紀火山活動に関連深い温泉作用により，地化学的変化を受け，膨潤度の高低の差ができたものと解釈される。したがつて高品位部分は，著しく分布範囲を限定されていることは容易に考えられる。温泉作用はこの地方のベントナイト鉱床に影響を与えていると考えられるので，今後はとくに地質構造と沸石の分布，ガス鉱床をも充分考慮する必要があろう。

（昭和31年9月～10月調査）

文　献

1) 藤本治義・小林学：群馬県碓氷川及び鏑川流域の第三紀層について，地質学雑誌，Vol. 45, No. 533, 1937
2) 藤原健一・斉藤一雄：群馬県磯部町附近炭酸瓦斯調査報文，地質調査所連報，No. 19, 1946
3) 石和田靖章：群馬県磯部附近の瓦斯鉱床，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
4) 金原均二：群馬県磯部附近の地質について，地質学雑誌，Vol. 50, No. 598, 1937
5) 本島公司：群馬県磯部町附近地化学調査報告，地質調査所月報，Vol. 8, No. 1, 1957
6) 須藤俊男・林久人：沸石を含むベントナイト，科学，Vol. 11, No. 26, 1957

註3) 沸石は従来のデータと比較すれば，プチロン沸石—モルデン沸石系列に属するものと考えられる。

資　料

552.333.5 : 552.11 : 553.21

玄武岩マグマの研究問題*

A. P. Lebedev

小　西　善　治　訳

塩基性岩石の研究と関連性のある諸問題は，玄武岩マグマおよびそれと組成の近似している塩基性マグマの発生，その分化作用の特性等を解明している．この種の問題は，岩石学の多くの根本的問題の解決を促進するので，現代岩石学の中心課題となつている。これらの根本問題としては，地殻におけるマグマ素材のソースの問題，地表下の物質の性質，地殻の構造と組成，Plate-forme および可動帯におけるマグマ活動過程の特質，さまざまな地質条件下における個々のマグマ型の晶出，分化作用過程の特性，後火山活動に基づく鉱床生成の特徴等があげられる。

以下においては，この種の問題のうちで若干のものをソ連文献・外国文献・ソ連の主要玄武岩体の研究データ，とくにシベリヤの Plate-forme 地域のトラップの研究データに基づいて検討したい。

筆者は，地殻上に，さまざまな型のマグマが現実に存在する点を考慮に入れて，玄武岩に近似の組成のマグマを総括して玄武岩マグマと名付けることにする。

玄武岩マグマ（Protomagma）またはマグマの成因

母マグマの性質（レヴィソン・レシンクによれば Protomagma）すなわち玄武岩組成のマグマに関する問題の解は，地殻の組成およびそれより一層深所の地圏の構造の問題と密接に関連性をもつている。この種の問題は，それぞれの仮設を証明する可能性がきわめて乏しいのでいまだ解決されていない。

本論文では，地球およびその外殻の発生に関する一般的問題をとりあげないで，現在の地質時代における地殻の構造に関する本質的な表象のみを述べるに留めよう。

岩石学にとつて最も興味がある Washington, Daly の地球の内部構造図式と，Goldschmidt および Fersman の図式とは一般的には一致している。最も興味があるのは，地球の外殻，すなわち，1,000 km——深発地震の震源地帯——までの構造である。このような地殻外圏の構造を，岩石学的観点から比較的詳しく研究した人は，Buddington である．Buddington の図式は次のようである。(深度 km)

0～ 15	花崗岩
15～ 25	石英ハンレキ岩およびハンレキ岩
25～ 30	黒雲母灰長石
30～ 38	カンラン石ハンレキ岩・ノーライト
38～ 70	輝石・カンラン石・ゾンカンラン石
70～500	ハリ質カンラン石・超溶融性成分に富む，上部および下部は，晶質カンラン石に移行する。
500～1,000	晶質カンラン石
1,000～2,900	移行帯，上部は球粒隕石に下部はパラシスサイト質隕石に類似している。
2,900～2,920	硫化物質塩
2,920 以下	鉄，ニッケル核

上述の図式の本質的な補足としては，亜帯に分けて，中間灰長石帯を入れることである．こ

* А. П. Лебепев: Вопросы изучения базальтовой магмы, Известия Акапемии наук СССР, Серия геологическая, № 12, 1958

の亜帯の存在は，地球物理学的データおよび岩石学的データに基づいて推定される。この図式は，仮設であり，正確なデータとくに個々の分帯の賦存深度関係に関するデータによつて充分裏づけられていないにもかゝわらず，各マグマサイクルの範囲内におけるマグマ分化過程の逐次性，密度に基づく地殻における物質の分布に関する，現存の地球物理学的，岩石学的データ等をまとめることが，他の仮設よりも充分にできるので興味がある。したがつてこの図式は，ある程度作業仮設として役立てることが可能である。

カンラン岩質殻またはシマ層帯の実在に関する観念は，地殻の構造問題をそれぞれ研究している，ほとんどすべての研究者によつて確認されている。上部殻，とくに玄武岩層の組成および構造に関しては，一致した見解が存在しない。例えば，Lodochnikov は，周知のように，地球内部の密度変化が，組成の変化でなく，種々の深度における物質の集合状態の変化と相関関係があるから，組成の異なる地殻の存在に疑問を表明した。この仮設は，その後他の研究者も述べている。しかし，この見解は，それ自体問題である。すなわちさまざまな岩石組成帯からなるという地殻の帯状構造学説は，確実な方法によつて，岩石学・地球化学・地球物理学の諸事実を解明できることが認められているからである。しかし根本的にみて，上述の地殻(分帯)または地圏が地表面下に連続的に存在することについては疑問が残る。各(地)殻の構造および厚さの差異は，構造の異なる地球上の地域，例えば海盆地域および大陸地塊，および(おそらくは) 大陸地塊内の各地域に確かにみられる。したがつて各地域の各地殻の厚さに若干の差異があることを認めるのが，一層正しいであろう。玄武岩層またはカンラン岩層が連続的地殻の形態で存在することは，地球物理学的データと至るところで合致しない。

カンラン岩層の上部限界深度は，さまざまな地域で異なる。海洋調査によれば，カンラン岩石層の表面は，海洋では 15 km, 大陸地塊下では 10～40 km, Plate-forme 地域下では，最大深度 40～60 km の深所にある。

カンラン岩層の存在が確認されているのは地球物理学的データならびに岩石学データによるものである。Ross, Foster, Myers の論文では，この立場からゾンカンラン岩——多くの地域の玄武岩質岩石にきわめて特徴的な——質包有物の組成および構造に関するデータを批判的に検討している。とくにドイツのデータ——ゾンカンラン岩質包有物の分布が，南と北との2帯に分たれている——が詳細に研究され，次のような結論に到達している。すなわち玄武岩中にみられる多数のゾンカンラン岩質包有物は，玄武岩マグマの分結カンラン石粒を代表するものではなく，一層深所のカンラン岩帯で生成されたものである。この種包有物は，半晶質状態でマグマにはいつたものである。このような状態は，プロトマグマ(縞状構造)構造の存在によつて立証される。この結論によれば，包有物の研究はカンラン岩基体学説を裏づけている。

火山学データの側からの同一仮説の裏づけは Powers が行なつている。Powers はハワイ地区の火山岩組成を解析して，この種岩石とカンラン岩層との結びつきに関して結論をだしている。Powers は，玄武岩層の存在仮設を一般的に否定し，輝石・斜長石共融混合物は，造構応力の周期的発生によつて，温度・圧力系に著しい変化が起つて，カンラン岩層の物質から熔融されて生成されると考えている。この場合形成される玄武岩質マグマ，とくにその存在の初期階梯では，揮発性物質に著しく富んでいるので，可動性を帯びている。アルカリ，超塩基性物質およびその他の析出物質の出現は，二次溜りにおける晩期の分化過程と結びついているから，純粋の局部的な意義をもつている。玄武岩質マグマの成長にふれているこの仮設の後半部は，組成の多様な熔岩(ハワイの火山)の生成図式をよく解明している。さらにまたこの仮説は，火山作用，他の地域，とくにシベリヤのトラップ質火山岩の生成像の解明に適用できるであろう。しかし玄武岩層の存在に関する仮設を全面的に否定している Powers は，他の地球物理学的・岩石学的要因から知られている事実と矛盾するにいたつている。

さまざまな岩石学的組成をもつ地殻の，上述の構造構造様式をとりあげるならば，地殻の上部帯またはその表面上に，さらに出現するさまざまな組成のマグマの生成方法を充分解明でき

る。Kennedy, Anderson は，対応圏（地殻）の素材の完全または部分熔融によって，それぞれの組成のマグマが生成される可能性を示した図式をつくつた。Buddington もまた，若干変形した，かつ補足的な図表を作成している。Buddington の図式によれば，等地熱線下で，一定の殻層までマグマが上昇する場合には，対応組成のマグマは，熔融状態であるはずである。この種のマグマは，好ましい造構環境下にある場合には，さらに地殻の上方帯に上昇することができるであろう。

しかし類似図式の一般的な型態においては，地殻の全帯状構造の推定像は，その水平への拡がりでは，地圏の構造，組成が上述のように不均質であるから，事実においては著しく錯雑化されていることに留意すべきである。したがつて個々の地域におけるマグマの発生過程の出現特性には，本質的な変化が加わるべきである。そのほかに一層低熔融性共融物質が完全に熔融されることがあるから，ハンレキ岩基体またはカンラン岩基体の分化熔融は，対応組成のマグマの出現を必ずしも誘導しない。

少なくとも，上述の状態を考慮に入れるならば，対応組成の地圏の周期的熔融によつてマグマが発生するという上述の考え方は，目下のところ火成活動の領域における観察現象を論理的に，かつ最も一貫して解明を与えることを認めなければならないであろう。

推定玄武岩質基体の分布観点から，地殻の組成に関する既知データを解析せんとするならば，ある種の基体が存在し，一方では可動帯（地向斜帯）と，他方では Plate-forme と海盆地域との間で著しい差異があることを許容しなければならないであろう。この問題については，さらに詳しく論じよう。

地殻の内部構造問題および深所から地表面へのマグマ物質の移動過程の特性とは，物体の移動で誘起される対流問題とも密接な関連性がある。対流存在に関する仮説は，地質学的，地球物理学的事実で裏づけられている。この仮説がなり立つ主要な根拠は，次のようである。（1）地球が常に冷却しつゝあること，（2）層対流層の存在であること。

海洋下（平均深度 4 km）および大陸下（平均高距 2,000 m）の地殻における同一水準の温度（地熱）差は，Holmes によれば，大陸塊の領域では上方へ，海盆地域では下方へそれぞれ物質の移動を不可避的に誘導するはずである。この種の対流運動には，補償水平移動を伴なうから，また上方地圏では，大陸地域から海洋地域へ，一層深所の地圏では反対方向に，物質の移動が起るはずである。

Bonchkovskii は，大陸および海洋の境界帯における等大等圧面の分布と関連して発生するような，流れの明確な図式を誘導している。

Vening, Meinesz によれば，この流れは，熱勾配が，対応地域の岩石の弾性限界を克服する程度に上昇する場合にのみ，地殻に周期的に発生する。このような過程では，まず第一に玄武岩質マグマが運動（対流）に必然的に巻き込まれるはずである。同時にこの種の物質の移動は（あらゆる確率を考えると），著しい深所，おそらくは 1,000 km 以上――ベェロソーフの推定によると――の地球内部に発生する持続的分化作用過程とも関連性をもつている。特徴的なトラップの生成を伴なう Plate-forme の火成活動史の特性を解析しても，Plate-forme とそれを縁取る褶曲構造が形成される際に，玄武岩質マグマの周期的移動が起つたという結論に導く。例えばシベリヤのトラップの発達史の研究結果にみられるように，トラップ（玄武岩質）マグマの活性化，Plate-forme の上方構造階への侵入（透）期は，Plate-forme 地域の褶曲形成運動の最盛期と一致している。巨大な水平対流塊の移動仮説は，他の仮説よりも，この種の法則性を比較的よく説明できる。

Holmes が誘導した対流塊が，比較的長距離にわたつて移動する可能性があるという仮説に有利な，興味ある岩石学的実例を思いだしてみよう。Holmes は，北部英国の粗粒玄武岩岩脈地帯を研究し，その組成がこの地帯の延長に沿つて規則的に変わることを認め，マール島の中央部から東へ向かつてのマグマの移動説を提唱した。類似の事実は，系統的に研究すれば，多

くの他の地域でも発見できるであろう。

マグマの対流学説は，若干の弱点をもつているにもかゝわらず，結論的にいえば，地球上の各地域の火山作用の発達にみられる多くの規則性を充分解明できるとともに，さらに研究を押し進めるのに役立つであろう。

玄武岩質マグマの型

蓄積された地質学的データから推定して，地殻の比較的深所から，上方構造階へ上昇してきた玄武岩組成の熔融物が，地球の歴史の一定の時代に存在していたことについては，現在疑問の余地がないであろう。この種熔融物質，すなわちマグマが深所で発生したことと若干の共通のソースと結びついている可能性とは，まづ第一に（1）相当な空間に広域に，かつ到る所に分布していること，（2）全化学組成が比較的維持されていること，（3）しばしば相当の距離にわたつて驚くべきほど均一なこと，（4）長い地質時代にわたつて一定性（化学組成）が保たれていることで裏づけられる。

この種熔融物の組成を知るための，最も完全なデータとなるものは，貫入生成物に比較して比較的分化の程度が低く，後火山作用の影響および同化現象等に基づく変化をあまり蒙つていない迸入玄武岩質，または超塩基性生成物（主としてトラップ）である。

岩石学者の間には，単一の玄武岩質マグマ（塩基性組成の母体または全火成岩生成物の母体として）の存在に賛成する学者には，ソ連では，Zavaritskun, Auchitsko, 外国では Bowen およびその他である。

しかし誘導された個々の玄武岩質生成物の地質学・岩石学および化学機構に関するデータの綿密な研究が，研究者の間で行なわれたので数種の玄武岩質マグマ型が存在するという考え方に，比較的最近到達している。玄武岩と他の火山岩類とのさまざまな局地的共生型の存在が確認されているから，さまざまな型，主として玄武岩質マグマの2主要型が存在するという考え方がしばしば提唱されている。1922年に，Washington は玄武岩すなわち頑火輝石，普通輝石（Plate-basalt），エジリン輝石が存在するという考えを述べている。さらに2母玄武岩質マグマ型――カンラン石，玄武岩質とソレアイト質と――が独立，かつ無関係に存在するという（一層完全に近い）考え方は，Kennedy によつて発展された。この様式によると，化学的関係においては，塩基度が高く，かつ苦土質で特徴づけられるカンラン石，玄武岩質マグマは，大洋地域に特有なものである。すなわちこの種マグマ型は，アルカリ岩石類の生成側へ進化するものに典型的なものである。珪酸およびアルカリに若干富むソレアイトマグマは，大陸地域に特有なものである。この種のマグマ型は，含石英文象岩，すなわち石英安山岩および粗面岩の形成側へ進化する。それぞれの火成岩区におけるマグマの分化方向は，Kennedy および Fenner によれば，初成マグマ組成にのみ左右され，地質的環境とは全然といつてもよいかほとんど関連性がない。

その後 Wells は，Kennedy のマグマ型を一層合理的に付けかえることを提唱し，それぞれ塩基性マグマのシマ型（カンラン石玄武岩質型）と亜シアル型（ソレアイト型）と名付けた。

Niggli と Burri とは玄武岩族のマグマの分類を若干拡げて，（1）正玄武岩，（2）亜玄武岩，（3）アルカリマグマの3型に分類した。

最近25年間の間に行なわれた各玄武岩質岩石区およびトラップ質岩石区の詳しい研究結果は，一般的にいつて2玄武岩質マグマ型の存在を提唱する，Kennedy の分類様式を，あまり確認していないようである。すなわち特徴的なマグマ分化作用を伴なうカンラン石玄武岩マグマ型ならびにソレアイト質マグマは，多くの岩石区および同一マグマの溜の活動が推定される岩石区においても共存しているからである。例えば，Uoker, Poldervaart によれば，カル粗粒玄武岩の本源マグマの平均組成をみれば，ソレアイト質型のようであるが，各地域の平均組成――例えば Transkei――は，カンラン石玄武岩質型にきわめて近い。インドのデカントラップのマグマにも同様な現象が認められる。こゝでは，さまざまなマグマ型の代表的なものと，マグ

マの分化のさまざまな方向とが組合されている。トングスク盆地（シベリヤプラットフォームの西部）のトラップ，マグマの平均組成は，Lebedev によれば，マケネデイの２玄武岩質マグマの組成の中間型である。鉱物学的組成――つねにカンラン石が含まれている――の指標によれば，この種岩石は，本源カンラン石玄武岩質マグマ型に近いが，分化産物の組成によれば，ソレアイト質型にむしろ入れられるようである。

Holmes によればアイスランドの玄武岩類はアルカリ系にも，石灰系にも入れられないが，両系の特徴を合せもつている。Noe-Nygaard によれば，グリーランドおよびファレルの玄武岩には，アルカリ土類の代表種ならびに一層酸性の混成玄武岩質マグマの代表的種をもつている。Macdonald によれば，ハワイ島の玄武岩質区では，玄武岩質マグマ系がアルカリ岩石ならびに粗面岩・石英安山岩の生成方向へ進化する２径路で代表される。Tilley は，ハワイ熔岩に関するデータを批判的に検討し，次のような結論に到達している。すなわちこの種熔岩は，むしろソレアイト質と関連があるが，この地区の典型な海洋性状態から一般に期待されるような，カンラン石玄武岩質型ではない。Tilley の見解によれば，この地区の特徴なものは，次のような進化方向，すなわちピクライト質玄武岩――カンラン石玄武岩質――紫蘇輝石質玄武岩である。この種の岩石類は，カル―粗粒玄武岩の対応系，パリセイドおよび他の大陸岩石区のトラップ対応系に類似している。

ソレアイト型のマグマの特性（大陸型）は，Tilley によれば他の海洋区，例えばレユニイオン島，タイチ島および他の箇所でも認められる。これらの諸事実は本源カンラン石玄武岩質マグマが，アルカリ質およびソレアイト質の進化径路をとることができることを確かに立証するものである。

さまざまな型の玄武岩質マグマの存在を解明するために，ある学者は，地殻の上部シアル殻の物質が，カンラン石玄武岩質マグマとの同化過程で誘導発生するマグマとして，ソレアイト質マグマを考えている。このような結論に到達した学者には，例えば久野がある。久野は，箱根および太平洋諸島の新期熔岩の詳しい研究を行ない，それに基づいて次のような結論に達している。すなわちこれらの岩石区では火山岩は２系統で代表され，玄武岩から安山岩にわたる火山岩は，化学的組成の特性と造岩輝石とによつて，（1）ビジオン輝石質岩系と，（2）ビジオン輝石と紫蘇輝石とが共存するもの，または紫蘇輝石のみの岩石系に区別されている。ビジオン輝石質岩系は，カンラン石玄武岩質マグマの分別晶出作用によつて生成される。第２の岩石系の生成は，マグマ物質と酸性岩石類との同化作用に関連性がある。この場合には，混成マグマにおける揮発性成分の濃度が上昇するので，マグマの温度が低下し，マグマから生成される岩石中に，紫蘇輝石の出現が促進される。第２岩石系の生成される場合の，同化作用の役割を裏付けるものとしては，一般的な考え方および化学的機構の特性以外に，石英および酸性斜長石の捕虜石が岩石中に存在し，ときには花崗岩の捕虜岩――那須火山および蔵王火山の熔岩――が認められることがあげられる。

他方において，Tilley によれば，カンラン石玄武岩質岩石を媒介とする，ソレアイトマグマの生成説は，例えばハワイ島で観察された熔岩の溢出の時代的順序と矛盾するから，採用できないであろう。ハワイ島では，本源マグマは，岩圏の上部殻の熔融によつて発生したむしろソレアイト質マグマであるが，この地域で代表的なアルカリ玄武岩系は，ソレアイト質マグマの正常の晶出作用行程に，若干変化が起つて生成されたものである。

Green および Poldervaart が行なつた太平洋産玄武岩の平均化学組成（12地域116化学分析），および大西洋の玄武岩（9地区，25化学分析）の平均化学的組成，それに基づいて計算された地球上の先カンブリア・古生代・中生代・第三紀玄武岩の平均組成の対比は，次のような結論に達している。

（1）シアル（大陸）玄武岩の平均組成は，SiO_2 に不飽和であり，Kennedy によるカンラン石玄武岩マグマに近い成分である。

(2) 各地質時代における玄武岩マグマの平均組成には時間的に一定の規則的変化が観察されない。

(3) 玄武岩質マグマには，一定の平均化学的組成型は存在しないが，むしろソレアイト質から不飽和型にいたるマグマ系がみられる。

筆者の見解によると，この種結論は，玄武岩質マグマが地殻の上部殻の部分熔融過程で周期的に生成されるという説と一致する。

以上の概観から次のような点が明らかである。すなわち単一本源玄武岩質マグマ説も，また2玄武岩質マグマも，観察されうる自然現象のあらゆる多様性を解明できない。したがつて地殻上には玄武岩質マグマの多相型の存在(または周期的発生)確率——この種の多型の玄武岩質マグマが，さらに進化すると，自然で観察される多様な共生関係がつくられる——を仮定すべきである。

塩基性マグマの活動と関連性のある，個々の火成岩系列の進化を検討しても，同様な結論に導かれる。この種の特性，すなわち個々の玄武岩質系列または岩石系の進化の特異な特性は，例えば Wager および Deer の提唱する (Na_2O+K_2O : FeO : MgO) の三角形図に点示される。世界のある種の粗粒玄武岩系の玄武岩質岩石系およびグリーランドのスケルガード貫入岩体には，鉄が晶出岩石中に濃集し，晩期の階梯に珪酸およびアルカリが濃集する傾向が進化の全径路にわたつて明瞭に現われている。しかし石灰・アルカリメンバー (玄武岩・安山岩・石英安山岩) を含む岩石系には，鉄の著しい富化現象を伴なわない他の進化型が一層明確に現われている。したがつてこの種現象は，酸性シアル物質の同化作用によつて解明できるであろう。Poldervaart および Elston の図表には明確に表われている。この図表では，縦座標には，溶融液の鉄苦土部分の定変化を特徴づける，Mg と Fe との原子の総和に対する Mg の比を，横座標には，いわゆる結合因子をとつている。結合因子は，生成鉱物の結晶格子の結合度を特徴づけ，極大値は，与えられた場合にはカンラン石構造(密に配置された SiO_4 の正4面体)，極小値は角閃石および緑泥石(一層自由な Packing 状態を示す)構造をもつている。したがつてこの“結合因子数”は，一般的にみて，岩石系が一層酸性メンバーに移行するにしたがつて減少する。

この図表上に引かれたカール粗粒玄武岩に対する曲線，Stillwater スケルガードの分化貫入岩体，Garibal-hills の貫入岩系列およびカリフォルニヤ州の底盤も，さまざまな岩石系——与えられた場合では粗粒玄武岩質岩石系および石灰・アルカリ質岩石系——における進化の方向に差異が存在することを示している。石灰・アルカリ岩石系では，主として長石の濃集と，苦土質鉱物類と比較して一層明確な分別晶出作用とが認められる。図表の著者は次のような結論に達している。すなわち石灰・アルカリ岩石系は，シアル殻の岩石の部分的熔融に伴なう同化作用過程の多数千与と水の本質的な役割とによつて発生する。

さまざまな進化径路をも，独立の塩基性マグマ型の存在に関する問題を解く他の重要な方向としては，この型と与えられたマグマ源の共生造岩鉱物の形成環境 (造構的) の差異とを結びつけることである。こゝで重要なことは，マグマの物質的組成の特性と，地殻の造山帯および Plate-forme 地帯におけるその進化の方向に関する問題を解くことにある。しかしこの領域では，岩石学的研究は上述のように塩基性岩石類と，その同化作用との純粋な物理，化学的特性の解釈よりも著しく少ない。

この領域では，造山運動と岩石との会合関係の実例としてあげているオレゴン，ラセン，ピィク，マードック(カリフォルニヤ)に発達するアルミナに，相対的に富む安山岩，石英安山岩岩系の Tilley の結論を述べておこう。Tilley によれば，造山帯では，玄武岩岩系の成因の異なる型が観察される。すなわち (1) ソレアイト質岩石系，(2) ソレアイト質岩石系から求められる累積型(accumulation)，(3) 中間組成安山岩型の熔岩の主分化産物を代表する累積型である。Tilley は，各単独の特性をもつこの種マグマ型に対して，単一の進化分化径路を推

定することは不可能であると考え，同化作用が個々の岩石系成因において重要な役割を果すという結論に到達している。

最後にこの領域においてきわめて有望な研究分野は，さまざまな岩石系の組成の微細な地球化学的特性を明らかにする地球化学的研究方向である。このような研究には，スウエーデンの塩基性玄武岩の造山運動型および非造山運動型に関する Lundegardth の研究があげられる。この種の造山運動，非造山運動岩石系の地球化学的研究は，ほとんど行なわれていないといえよう。

以上の諸記述は，一般的にみて，玄武岩質マグマの各型の存在について現在われわれがもつているデータである。

上述の概観およびトラップ区・玄武岩質岩石区・安山岩質岩石区の研究で求められたデータからみられるように，現在の段階では，次のようなことが考えられる。

（1）　固有の進化分化径路をもつ玄武岩質マグマ型が若干存在すること。

（2）　玄武質マグマには2主型，すなわち大陸型と海洋型（ソレアイト質岩石型とカンラン石玄武岩質岩石型）が存在するという考え方である。すなわち大陸型は，天然の玄武岩質マグマ（出現状態）の複雑な，かつ多様な実在像を過度に簡単化したものである。海洋型は，地殻の地体構造（造成物）との実際上の結びつきを不完全に反映するものである。

（3）　この種の考え方は，成因論的問題もまた充分に反映していない。したがつて本質的には，本源マグマのさまざまな組成の初成因に関する問題は，未解決に残されている。

（4）　事実においては，固有の進化，分化径路をもつ，玄武岩質組成に近い本源マグマ型が若干――おそらく――存在するはずである。

このようにして，現在蓄積された岩石学的データによれば，“Polymagmatism”多相マグマ型の考え方が誘導される。すなわちさまざまな発達モーメントのマグマの多相性，地圏のさまざまな水準に周期的に発生し，地質的環境および初期化学的（反応）機構の特性によつて若干異なる後進化分化径路で特徴づけられるマグマに関する考え方である。しかし，具体的な地質環境で左右されるマグマの進化と，組成の特性とに関する正確なデータが，岩石学的領域では不充分であるから，この種の問題を解くことは困難である。したがつてこの種問題を解く方法として造構火成活動“Tectomagmatism”問題を研究することが課題となつてくる。

分化作用型（玄武岩質岩石系における岩石の多様性の原因）

岩石学的研究は，一方においては，ハンレキ岩石系または玄武岩質岩石系からなる岩石類およびこれら岩石類から構成されている地質的（物体）の多様性の原因の解明と，他方においては晶出分化作用，拡散，対流，マグマの Splitting と liquefaction，ガスによる物質の運搬，同化作用，混成作用現象を導くさまざまな過程について行なわれている。

とくにイギリスおよびアメリカの学者は，晶出作用学説（分別晶出作用）を，岩石学的文献に幾度となく述べているが，具体的な地質学的要因の面については，充分解明されていない（例えば最近の牛来正夫の論文にみられる）ことに非常に留意している。この学説が，主として海洋地区のある種玄武岩質岩石の生成機構に適用された研究については，すでに述べた（箱根火山に関する久野の研究，ハワイに関する Wentworth, Macdonald の研究）マグマ中に初期に析出したカンラン石，および他種鉱物斑晶の添加，または分離の結果出現する熔岩の多様性の原因とその出現機構の解明は，ある場合個々の岩石型の生成を充分に解明する手助けとなつている。しかしこのような考慮は，研究者自身が指摘している信頼すべき解明に，しばしば到達していないことがある。このような場合には，徹底的な“Bowenist”さえも，外来物質に基づくマグマの混成作用説に，不可避的に走らねばならなくなつている（例えば箱根火山の紫蘇輝石岩石系の形成に関する久野の上述の解釈およびその他の研究）。

この種の学説（他の学説も同様である）を適用する場合には，具体的な地質環境を考慮に入れ

ることが必要である。しかし残念なことには，充分に考慮が払われていない。小規模の貫入岩塊，火道等における分化作用の径路，または考えられ得る他の火成活動過程を比較的完全に追跡するならば，深成岩体，造山帯の岩体の迸入(貫入)条件下——それに深い関連性をもつ全岩石区の物質すなわち生成物——のこの種過程の解釈は，きわめて複雑な容相を示す。このような錯雑する場合，個々の仮説とくに晶出分化作用説に対して——とくに地質環境が相当充分に解析されていないときには——批判的に望むことが必要である。

晶出分化作用学説の研究とともに，岩石学者は，他の晶出分化過程すなわち晶出作用が分別晶出過程と組合わされて出現するか，または分別晶出作用と無関係に出現する場合に留意し始めている。玄武岩流および中深成貫入岩体の凝固過程を解明する場合には，拡散・対流現象が確かに重要な位置を占めるはずである。この過程の意義については，すでに以前から，ある岩石学者 Grout (Dulth 貫入岩体)，Wager および Deer (スケルガードに対する)によつて指摘されていた。Carnwall の考え方によれば，ミシガン州の Keweenean 統の玄武岩流にみられるマグマの凝固は，上方からの冷却過程と下方からの凝縮過程との作用が共存的に働いて形成されたものであるから，対流現象を必然的に伴なつたはずである。Wahle は，拡散・対流現象の組合せ生成に関する興味ある仮説を提唱した。Wahle の見解によれば，拡散・対流の組合せに基づくマグマ生成説は，貫入岩体，とくに中深成貫入岩体の凝固において重要な役割を果す。この種のマグマ生成過程は，一般的な場合には，貫入岩体ならびにシルの一層塩基性端成分部分の生成を誘起する。拡散・対流過程の作用を誘導するためには，僅かな温度勾配(差)があれば充分である。この種過程は，深所のマグマ溜における(マグマ)分化作用行程に(少なくとも)確かに重要な役割を果すことを附加しておく。深所のマグマ溜から周期的に上昇するマグマ熔融液の組成差——とくに反復迸流または貫入過程の場合にみられる——を解明する際には，マグマ分化作用——そのうちには拡散・対流過程を含む——過程に留意することが必要である。

気成分化作用および液相化過程も，また局部的ならびに深所分化作用(現象)を解明するうえにおいて大きな意味をもつている。このような考え方に留意しないでは，輝緑石・ペグマタイト分結物の発生または中深成輝緑岩質貫入岩体および粗粒玄武岩体の組成にみられる粗粒部分を解明することは難しい。Tomkeef は，北部英国の粗粒玄武岩質，トレイ岩質シルの研究に基づいて，次のような結論に達している。水平の層状物体内で，塩基性マグマの晶出作用が行なわれる場合には，揮発性成分の上昇に伴なつて形成されたカンラン石の沈降が起り，そのために水平状物体の上部には，輝緑岩質ペグマタイトの分離，生成が促進される。Carnwall によれば，ミシガン州の粗粒玄武岩質・玄武岩質岩石流では，揮発性成分は，晶出の際にその中部(高さに対して)に濃集している。揮発性成分の溶解度は，冷却が進行するに従つて増大する(Bowen によれば，50° ごとに1％の割合)。この場合には，貫入(迸入)した層と隣接層との間に温度勾配がつくられる。固化物質中では，揮発性成分の作用によつて自変質作用性変質が行なわれる。Carnwall の見解によれば，上述の残滓は，約 750° まで流動状態を保ち，次いですでに固化した貫入岩体の割れ目および空隙中に(絞り出し作用によつて)侵入する。

揮発性成分が晶出岩体の上部に濃集するのは，2,3 のシベリヤのトラップ貫入岩体例で確かに立証される。Lebedev によれば，この種現象は，凝固岩体のさまざまな部分における造岩鉱物の差異ばかりでなく，貫入岩体の上部と下部とにおけるトラップマグマ自体の晶出径路の本質的な差異を示すものである。貫入岩体の下部では，一般にみられるオフィチック構造およびポイキロ・オフィチック構造の形成を伴なう晶出作用が，上部ではペグマタイト構造と，柱状オフィチック構造の形成を伴なう晶出作用が行なわれている。しかし，上述の晶出分化作用過程が行なわれる物理，化学的条件は，依然として充分に明らかにされていない。したがつて現在の推定は実験的裏付けが必要である。しかし固化貫入(迸入)岩石塊中にみられる揮発性成分の不均等分布の重要性については，一般的にいつて，疑問の余地がない。

固化深度，誘導火道の本質貫入（迸入），定着機構

固化の規模と地質環境 ――形成期に支配的であつた――と結びついている火成迸入（貫入）岩体の固化深度が，形成岩石の組成および構造を決定する主要因であることは，確かである。このことは，例えば塩基性岩石，とくにトラップにきわめて明確に現われている。とくに中深成岩体および浅所成岩体 地表近くの構造と組成の解明にあたつては，この種の要因を考慮することが重要である。すなわちこの場合には，この種要因の影響は，一層大規模の深成貫入岩体よりも比較的に強く現われるからである。しかしすべてこれらの諸問題は，依然として充分に研究されていない状態にある。

マグマの固化深度およびマグマで充填される空間の本質に関する問題は，誘導火道の形成機構および火成活動の活性期におけるマグマの上昇原因と密接に結びついている　Plate-forme 地域では，貫入に適応して2問題の解決が可能となる。（1）　マグマは，すでに準備された地殻中の割れ目あるいは空所の壁を突き破つて定着される。（2）　マグマは，貫入火成岩と周辺岩石との間の空間が受動的に交換されるために，Roof の全ブロックが次々と置き変わつてマグマの定着化が進行する（レヴイソン・レシングその他の見解）。現在大多数の研究者は，とくに Plate-forme 地帯では，玄武質マグマの主要特性の定着化が活性化されると述べている。このような現象は，層序の上部階を占める岩石層に賦存しているシベリヤ Plate-forme のトラップ質層状貫入で――ソ連のデータによる――裏付けられる。強烈な推力の影響下で，トラップ質マグマが上昇するという考え方は，ペンシルバニアのトラップ質シルの形成機構を記載しているHölzが支持している　結晶中岩の発達する地域 基盤の露出地帯にみられる層状塩基性貫入岩体の定着形成機構は，Polkanov が最近述べているように，若干異なつているようである。しかし各具体的な場合についてのこの種問題の解決は，深所の貫入火成岩体の構造に関して相当完全な考え方をもつことが必要とされるが，このことは，常に可能とはいえない。ときには，空間内の貫入構造の現実像は，地表面だけでの観察から推定されるものよりも，遙かに複雑である。実例としては，ランドリィドーウルスのトラップ質餅盤があげられる。Johns と Pugh は，ボーリングを利用して，この餅盤を詳しく調査した。餅盤は，シルル紀板岩層中に互いに近接して発達する多数の小規模貫入岩体 "ミクロ餅盤" またはミクロシルルから事実上構成されている。この種貫入岩体の下部には，約100個の細いパイプ状物体で代表される（マグマ上昇通路　火道帯が存在する。著者の考え方によれば，マグマは，深所で消滅する割れ目網か，あるいは深所で共通の大きな火道に融合する割れ目から上昇する。マグマは全体としてみれば，推定初期餅盤面積の約25％を充填しているにすぎない。このことは，著しく大きい推力の下で発生したマグマの定着化の活性化特性がみられるにもかゝわらず，餅盤の天井岩石の曲り，持ち揚り現象の欠失が解明される。

きわめて興味があるのは，迸入岩，貫入岩が形成される場合の塩基性マグマの上昇原理に関する問題，上昇マグマ柱における高推力，高温度の形成を促進する要因に関する問題である。地球物理学的データによつて，シアル殻の厚さを 10～12 km その上方の堆積層厚を 3～4 km にとれば，マグマの発生深度，すなわち地殻を貫ぬいているはずの火道は，少なくとも，15～17 km になる（もちろん中間マグマの溜りの存在が推定される）　地殻に貫通孔が形成されるために，上部岩柱の重量で生じる負荷が減少するとするならば，マグマは，上方へ運動する傾向を帯びる。マグマ内の推力形成において重要な役割を果すものは，水蒸気，追加機械的，熱エネルギー増量である　火山学者のデータによれば，ガス組成に 70～90％を構成する水を含んでいる　いま側壁が水蒸気に対して不浸透性であるならば，マグマ中に含まれている水蒸気は逃げないから，圧力は上昇し，マグマは，膨張ガスの推力の影響を受けて上方へ押してる　マグマの定着化には，2要因によつて異なつてくる。1）　マグマ内に含まれているガス圧およびその温度である　水蒸気が遊離し，上部堆積層圧が除かれると，熱の発散が誘導され，それと

関連してマグマ温度の低下が起る。そのために，上昇マグマ柱の一層高水準では，マグマは，低水準におけるよりも，遙かに低い温度状態にあるはずである。このようにして側壁に及ぼす塩基性マグマの熱(温度)作用の弱化は，接触帯の相対的低温度現象で説明される。しかしそれとともに，深所における高温度発生原因(推定固相基体の熔融が必要である)と，膨大な周期的圧力増加——推定深度——との原因があいまいのまゝ残つている

地体構造の形態，ダイメション特色およびトラップ質岩石系およびそれに近似する中深成塩基性岩石系の定着化機構とに関する現有データを一般化しようとするならば，われわれの見解によれば，少なくとも，(1) 古期 Plate-forme 地帯の地層層序の上部階への貫入，(2) Plate-forme の下部階(基盤)への貫入，(3) Pre, Co, Post 造構造運動の亜グループを伴なう褶曲帯への貫入の3構造，造構造型に分類すべきである。

第1型には，シベリヤ Plate-forme 地帯およびカール地域のトラップ質貫入岩体の大多数が属する。第2型には，古期楯状地帯——フェノスカンジナヴィヤ・デカン高原・カナダおよびその他の地域——のトラップ質貫入岩系の大部分が入れられる。第3型には，中央カフカズ・タイムウル・ペンシルバニアおよびその他の地域に発達するトラップ質・輝緑岩質貫入岩体があたつている。

上述の問題を解く場合には，岩石学者は，火山爆発にみられる高圧，高温の周期的発生原因を研究している火山学者からも，援助を求めるべきであることは明らかである。

混 成 現 象

塩基性岩石に適用されるこの問題を解くために，岩石学者はきわめて興味があるデータを最近集めている。この種データは，玄武岩質およびトラップ質岩石系の組成が，酸性，中性メンバーの形成には，この種過程(混成現象)が大きな意味をもつていることを益々裏付けている。この問題を検討する場合には，2現象グループを区分すべきであることを強調しておくことが必要である。

(1) 混生現象は，固化火成岩体と側壁岩石との直接接触部に発生する。この種現象が起ると，外来物質の部分的同化および流動変態現象を誘導する。この過程は，地殻の比較的浅所の条件下で行なわれる。

(2) 外来包有物のマグマ質物質による一層完全な同化と，それに関連性がある異常(与えられたマグマに関して)組成の岩石の出現とを誘導する混成現過程で，この種過程は一層深所の条件下で行なわれる。

一般的にみた初成混成岩石種の出現象は，岩石学の文献に記載され，かつ研究されている(Veljankin, Sedergolm 等)。サタクントのヨットニヤアンの輝緑岩の混成現象(フインランド)は，最近 Kahma が詳しく記載している。この地域では輝緑岩体は不規則な形態を形成し，ラパキヴィ花崗岩およびそれを囲繞する砂岩(ヨットニヤアン)中に貫入している。輝緑岩体と花崗岩との接触部では，局部的には含角閃石質の微ペグマタイトからなる不規則な細脈(2 cm 以下)網が多数派出している。化学的関係ではこの種物質は Mg, Fe, Ca, Na に若干富む花崗岩自体で代表され，Shairev, および Bowen の三角形図では，花崗岩質マグマの晶出作用にみられる残留成分領域の上部にあたつている。この領域では，溶融液の温度は約1,000°である。この温度は，輝緑岩の温度に近く，ラパキヴィ花崗岩または砂岩の対応組成の共融混合物を熔融する。変形流体形質岩脈 Rheomorphitic) が比較的苦土質物質に富んでいるのは，著者によれば，苦土の比較的可動性の大きいことと関連性がある。

側壁岩石の構成物質が一層完全に溶解されている場合には，輝緑岩と側盤との境界面はあたかもかき取られたような状態を示す。例えば，スウンタク地域の輝緑岩体では，平均組成(閃緑岩質)の混成岩の外来岩が存在する。この場合には，輝緑岩の造岩鉱物類に次の岩石類が添加されている。石英・アルカリ長石・蛇紋石化カンラン石・角閃石である。そのなかでは，カ

ンラン石は一層鉄質となつている。Kahma の考え方によれば，混成作用は，輝緑岩の固化期の末期に始つたものである。他の場合には上盤近くには，確かに輝緑岩（トラップ）体に酸性分結物の生成が促進されたが，輝緑岩体の実質的組成に直接干与していない。例えばペンシルバニアの三畳紀の輝緑岩質シルでは，Hötz によれば，天盤から僅か離れた上部には，レンズ状文象斑岩体および輝緑岩—ペグマタイト部分が存在し，その成因については，次のように解釈されている。すなわちシルの上部でマグマの晶出作用が行なわれたとき，残滓が上部に集まり，それとともに鉄・アルカリ・珪素および水がこの種の残滓中に濃縮して，現在みられるような酸性岩石類が形成された。しかしこのような解釈には，類似の条件下でかつ類似の方法でさまざまな組成の岩石——輝緑岩ペグマタイトと文象斑岩——が発生する原因について不明確な点が残つている。晶出分化作用の異常な役割について展開している考え方は，混成作用過程を考慮に入れなければ，現在みられる像を完全に解明できない。

微ペグマタイトまたは塩基性貫入岩体——その組成が——の輝緑岩質部分の形成を解釈する際に，多くの場合，この種部分には，確かに混成成因の Indicator があるにもかゝわらず，側壁の構成物質との直接的な結び付きをみいだされていないことに留意すべきである。ときには全く相似の組成をもつ部分が，与えられた部分の貫入岩体の側壁組成と，いわゆる無関係の状態で存在していることがある。このような部分は，砂岩・粘板岩・凝灰岩・石灰岩および花崗岩等である。実例としては，北部ウラルの Sosvi 河の分化輝緑岩・モンゾナイト質貫入岩体・トングスク・トラップのある種のシルがあげられる。このような場合の現象解釈にあたつては塩基性マグマによる深所また上昇通路のシアル質側壁物質の深所同化作用または混成作用過程の役割を仮定することが必要である。このような過程の存在可能性は，その固化位置におけるマグマの温度と比較して，マグマ柱の一層深所部分における温度が著しく高いことで立証される。

与えられた問題を解く場合に，本質的な意味をもつものは，層序の上方を占める堆積物の下方にある基体——トラップ質岩体を包む——の本質の正確な知識である。さらに塩基性（玄武岩質岩石および類似の岩石）生成物を媒介とする鉱床成因の多くの特性は，それぞれの造鉱石成分が分散または濃集形態で含まれている。

基体岩石の深所混成過程を完全に考慮に入れられるならば，それ自体説明がつくことが考えられるであろう。この種の重要問題は，とくに検討するに値いするであろう。

結　論

本概観では，マグマの形成と進化とに関連性がある，他の興味ある問題の検討を行なわなかつたので，上述のデータの解析と比較とを基礎において考えられる，若干の一般的な規定を結論としてあげておこう。

（1）　マグマまたは玄武岩質組成のマグマの発生は，固体またはハリ質集合状体で存在し，かつ若干異なる化学組成をもつカンラン岩質ならびに玄武岩質組成の一定の深度地圏（Geosphere）と関連性がある。

（2）　地殻における玄武岩質マグマの発生は，周期的に起り，そのうえ発生した熔融液（マグマ）は，基体の一次性不均一性（Primary heterogeneity）のために，若干異なる組成をもつが，一般的には，玄武岩質マグマの平均組成に近づく。

（3）　地殻の上部水準において，流体状態で発生した玄武岩質マグマのその後の進化行程は，第一には，地殻の上部階の構造の地体構造的特性——Plate-forme，造山帯およびその他の地帯で異なる——により，第二には，マグマの出現，固化期における地殻のこの区域の造構様式とに左右されて，若干異なるようである。

（4）　上方構造階に上昇する玄武岩質マグマは，最も顕著な変化（分化作用，晶出作用）を蒙る。これは，圧力および温度条件が著しく変わるとともに，上昇マグマとの間に相互作用が行

なわれ，周辺媒質の組成も変化するからである。

（5） 最終産物として，アルカリ・亜アルカリ・酸性またはペグマタイト質派生物(Deritive)の出現を誘導する玄武岩質マグマ進化には，数径路が存在する。それぞれのマグマの進化径路は，与えられた熔融物の本源組成の特性ならびに若干の他の上述要因で決定される。

（6） 2本源玄武岩質マグマ型のみが存在するという Kennedy および Anderson の仮説——その仮設を変形させる追随者で補促されている——は，現在みられる天然現象の全多様性を解明することができない。

（7） 言葉の広い意味における同化現象は，玄武岩質マグマそれ自体のさまざまな型およびこのマグマから誘導されるさまざまな岩石類が形成される場合に重要な意味をもつている。深所同化作用 Contamination, 局部同化作用または混成作用過程を区別すべきである。

（8） 中深成玄武岩質(トラップ質)組成のグループでは，貫入帯を，造山帯，Plate-forme の下部構造階(基盤)帯および上部層序の堆積岩の発達する地帯に分類すべきである。

（9） 玄武岩質マグマを媒介とする鉱床成因特性は，マグマ自体の組成囲繞基体および，マグマの上昇後の晶出，分化作用行程特性と密接な関連性がある。

地質調査所月報　第10巻第9号　目次

報　　文

島根県・広島県江川中流流域の地質および放射能探査概報
島根県江川下流流域の地質および放射能異常概査報告
島根県・広島県江川流域の治山・治水に関する調査報告
島根県・広島県江川水系各支流筋電源開発地質調査報告
島根県三瓶火山地域の温泉および地下水調査報告
鳥取県三朝・倉吉地方の花崗岩質岩石中の長石および黒雲母の放射能
島根県宍道・玉造地域新第三系放射能強度調査報告

概　　報

福井県内外海鉱山調査報告
山口県桜郷一蔵目喜地区放射能強度異常概査報告

資　　料

ソ連の北東部に発達するカーニアンの堆積物とその下部界面について

地質調査所への連絡は

本　　所	神奈川県川崎市久本町（溝の口）135番地　電話 (70) 1146～1148番 (72) 4291～4293番
東京分室	東京都新宿区河田町8番地　電話 (34) 7131～8番
北海道支所	北海道札幌市南1条西18丁目　電話（3）5574番
仙台駐在員事務所	仙台市柳町通り28番地（仙台通産局内）電話（3）2306番
名古屋駐在員事務所	名古屋市東区長塀町（名古屋通産局内）電話（4）6416番
大阪駐在員事務所	大阪市東区杉山町1番地　電話 (94) 3052番
広島駐在員事務所	広島市基町1番地（広島通産局内）電話（2）1945番
四国駐在員事務所	高松市鍛冶屋町4の16（竹内ビル内）電話 高松 5681番
福岡駐在員事務所	福岡市北浜町2丁目19番地（通産省福岡合同庁舎内）電話（2）6743番

昭和34年8月25日　印　刷
昭和34年8月30日　発　行

著作権所有　工業技術院地質調査所

印刷者　向　喜久雄
東京都品川区上大崎3の300
印刷所　一ツ橋印刷株式会社
東京都品川区上大崎3の300

U. D. C. 55 (05)

BULLETIN OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Katsu Kaneko, Director

Vol. 10 AUGUST 1959 No. 8

CONTENTS

A. Ando, E. Omori & T. Yamada: Flame Photometric Determination of Sodium and Potassium in Rock Samples (G-1, W-1) 1 (659)
Y. Ono: On the Improvement of Interpretation of Electrical Sounding Data 11 (669)
T. Ozaki & K. Kishi: Areal Investigation for Industrial Water Supply in Watarase Area, Gumma and Tochigi Prefectures 19 (677)
N. Kurata & S. Takahashi: Preliminary Research on the Ground Water for Fabric Industry in Yamaguchi Prefecture 27 (685)
H. Nagahama, M. Katada & K. Tsushima: Quartz Porphyries Unconformably Covered by Izumi Group at Seitan-chō, Southwest of Awaji Island 39 (697)

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan

地 質 調 月
Bull. Geol. Surv. J.
Vol. 10, No. 8, 1959